ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 MAI 1912.

PRÉSIDENCE DE M. LIPPMANN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de la Pentecôte, la séance du lundi 27 mai est remise au mardi 28.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Rapprochements entre les étoiles temporaires et le Soleil. Explication simple des étoiles temporaires.* Note [1] de M. **H. Deslandres.**

L'apparition récente d'une étoile nouvelle dans la constellation des Gémeaux a ramené l'attention vers les étoiles temporaires, et vers l'énigme toujours pendante de leur nature et de leur origine. Ces étoiles présentent toutes la même série de phénomènes, considérés jusqu'ici comme extraordinaires et dans l'ordre suivant :

1° L'étoile, jusqu'alors invisible ou très peu visible dans les plus grandes lunettes, prend subitement un vif éclat en quelques jours ou même en quelques heures.

2° Son spectre, aux tout premiers moments, est le spectre ordinaire des étoiles, constitué par un spectre continu que sillonnent des raies noires, ces raies noires étant, il est vrai, peu nombreuses et assez larges. Puis, bientôt, il offre en plus les radiations brillantes des protubérances solaires et extrêmement intenses.

3° Ces raies protubérantielles sont en réalité doubles, chaque raie

---

[1] Reçue dans la séance du 13 mai 1912.

brillante étant doublée d'une raie noire. De plus, la raie brillante est déplacée fortement vers le rouge par rapport à la raie terrestre correspondante, et la raie noire au contraire est fortement déplacée vers le violet. La grandeur de ce déplacement est variable d'un jour à l'autre ; mais le sens de ce déplacement reste toujours le même. Souvent aussi les raies brillantes et noires sont renversées, et de manière dissymétrique.

4° L'étoile, après avoir crû rapidement, perd ensuite son éclat, mais peu à peu, avec une certaine lenteur. Dans cette seconde phase, qui peut durer plusieurs mois, le spectre a d'abord comme caractère principal les raies brillantes des protubérances qui s'affaiblissent en même temps que l'étoile entière; puis à un certain moment on voit apparaître les raies brillantes des nébuleuses, d'abord très faibles. Mais ces raies nébuleuses augmentent progressivement, alors que les raies des protubérances continuent à diminuer et le spectre final ne contient plus que la lumière des nébuleuses gazeuses.

Les faits précédents, au premier abord très singuliers, ont été discutés de toutes les manières; et, pour les expliquer, la plupart des auteurs ont admis la rencontre ou l'approche, soit de deux étoiles, soit d'une étoile et d'une nébuleuse. Le rapprochement des deux astres, primitivement obscurs, provoque des phénomènes intenses de marée et finalement un embrasement général (1). Si l'on excepte le cas extrême où la ligne joignant les deux astres est perpendiculaire au rayon visuel, l'un des astres s'éloigne de la Terre, et l'autre s'en rapproche, ce qui donne une explication relativement simple du grand déplacement vers le rouge de la raie protubérantielle brillante et du grand déplacement vers le violet de la même raie protubérantielle qui apparaît noire tout à côté. Cependant on comprend mal pourquoi les deux déplacements vers le rouge et vers le violet sont toujours très grands, et pourquoi l'astre qui émet les raies brillantes est toujours celui qui s'éloigne de la Terre.

D'autres auteurs ont fait intervenir aussi une pression intense développée dans les gaz lumineux de l'atmosphère stellaire. On sait, en effet, par les recherches de laboratoire que, aux pressions très hautes, la raie brillante du gaz est déplacée vers le rouge et est parfois doublée d'une raie noire sur son côté violet (Wilsing, Duffield). Mais cette raie noire n'est pas déplacée

(1) Au début de l'observation spectrale de ces étoiles, on a même admis l'intervention d'un nombre d'astres supérieur à deux.

vers le violet par rapport à la raie terrestre ordinaire émise aux basses pressions, ainsi que dans la nouvelle étoile.

En réalité, les explications proposées jusqu'ici sont insuffisantes. Je suis ainsi conduit à en proposer une autre qui a les avantages suivants : elle est plus simple, car elle met en jeu, non pas deux ou plusieurs astres, mais un seul et elle explique mieux les détails du phénomène. De plus, elle s'appuie sur l'observation journalière de l'atmosphère solaire et des couches supérieures de cette atmosphère; elle s'appuie sur ce fait, exposé en détails plus loin, que l'atmosphère solaire offre journellement les principaux phénomènes des étoiles nouvelles, mais en très petit, sur une très petite échelle. Ce rapprochement, qui est l'objet principal de la Note actuelle, est intéressant par lui-même, en dehors de toute explication des étoiles temporaires.

J'ai déjà exposé autrefois, en 1892 et 1894, des idées similaires, mais plus vagues, après l'apparition (en janvier 1892) de l'étoile nouvelle du Cocher, qui a été la première étoile de ce type étudiée avec soin par la photographie spectrale. Les lignes brillantes de l'hydrogène et du calcium dans cette étoile excitaient l'étonnement; car les étoiles à raies brillantes ou notées comme telles dans les catalogues sont, en réalité, très rares; elles forment un chapitre spécial dans les classifications. Or, au même moment, je poursuivais sur le Soleil les recherches qui ont conduit à la révélation et à la photographie journalière de la chromosphère projetée sur le disque, non seulement extérieure au bord, mais intérieure.

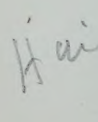
J'ai annoncé, en février et mars 1892 (*Comptes rendus*, t. 114, p. 276 et 578), la présence de raies brillantes renversées, à l'emplacement des facules du disque; et j'ai pensé aussitôt que ces raies brillantes pouvaient se retrouver dans le spectre de la lumière générale du Soleil, ou dans le spectre que donnerait le Soleil, s'il était aussi éloigné de nous que les étoiles.

On obtient ce spectre, comme on sait, en dirigeant simplement le spectrographe et son collimateur vers le centre du Soleil, sans l'interposition d'aucun objectif de projection, et l'expérience ainsi conduite a donné le résultat attendu, mais seulement avec un appareil de grande dispersion. Dans la lumière générale du Soleil, les larges raies noires H et K du calcium offrent une raie double renversée, qui est très faiblement brillante, mais enfin brillante (*Comptes rendus*, t. 115, 1892, p. 222).

Le Soleil, contrairement à ce que l'on croyait jusqu'alors, est donc une étoile à raies brillantes; et, comme les étoiles jaunes analogues au Soleil forment environ le tiers des étoiles du ciel, cette propriété s'annonce

comme assez générale; elle exige seulement, pour être reconnue, une dispersion plus grande que celle habituellement employée dans la reconnaissance des spectres stellaires.

Cette raie brillante renversée, photographiée en 1892, représente, dans la lumière générale du Soleil, la lumière spéciale de sa chromosphère entière; or, ainsi que je l'ai annoncé en 1894 (*Comptes rendus*, t. 119, p. 457), elle est dissymétrique; la petite raie noire centrale de renversement, appelée H_3 ou K_3, n'occupe pas le milieu de la raie brillante H_2 ou K_2. Ainsi le Soleil offre, mais en très petit, deux des particularités spectrales signalées dans les étoiles temporaires.



Ce premier résultat a été publié de 1892 à 1894. Or, les recherches ultérieures, plus étendues, sur la chromosphère entière du Soleil et sur sa couche supérieure, permettent de compléter encore le rapprochement qui précède.

Les appareils enregistreurs de Meudon (grands spectrohéliographes et spectroenregistreurs de vitesses), organisés depuis 1908, donnent chaque jour les formes et les mouvements des vapeurs chromosphériques; ils relèvent dans la couche supérieure, d'une part les plages brillantes et noires des vapeurs, et, d'autre part, leurs vitesses radiales.

Dans ces images de la couche supérieure, les points où la raie K_3 est la plus brillante sont au-dessus des facules : sur ces points, en même temps, la raie K_3 est déplacée vers le rouge; ce qui implique une descente de la vapeur. Les points les plus noirs des images, d'autre part, ne sont plus les taches qui ont disparu, mais de longues lignes noires, appelées *filaments*. Sur les filaments, la raie K_3 est particulièrement noire, et de plus est déplacée vers le violet; la vapeur y est toujours ascendante.

La différence entre les vitesses de descente et d'ascension prises avec leurs signes est en moyenne de 3^{km} ou 4^{km} par seconde ; et sur certains points, qui offrent ce qu'on appelle une *perturbation* (1), elle dépasse 100^{km} par seconde. Mais, d'une manière générale, on peut dire que la couche supérieure offre, mais en très petit, les déplacements de la raie brillante vers le rouge, et de la raie noire vers le violet, qui ont si fort étonné dans les étoiles nouvelles. Il suffit de supposer ces phénomènes intensifiés pour

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1635. Cette différence de vitesse radiale est la plus grande qui ait été enregistrée à Meudon sur le disque même de l'astre ; mais, au bord solaire, on a constaté plusieurs fois déjà des ascensions de protubérances avec des vitesses voisines de 600^{km} par seconde.

obtenir, même avec une faible dispersion, la séparation nette des deux raies brillante et noire, qui correspond, dans l'étoile temporaire, à une différence de vitesse voisine de 1000^{km} par seconde. On retrouve ainsi une des particularités spectrales les plus curieuses de la nouvelle étoile.

Je suis ainsi conduit à une explication des étoiles temporaires qui ne fait intervenir qu'un seul astre. Cet astre est une étoile déjà refroidie, qui présente une écorce solide, relativement mince. Sous l'influence de causes diverses, l'écorce se brise; et les gaz intérieurs incandescents, maintenus primitivement sous une forte pression par l'écorce, font brusquement irruption à l'extérieur, et forment pendant quelque temps une atmosphère très dense, très brillante, animée de mouvements analogues à ceux de l'atmosphère solaire, mais beaucoup plus rapides. Mais l'écorce en dessous se reforme, et l'atmosphère, qui n'est plus alimentée par le noyau intérieur très chaud de l'astre, se refroidit, se condense et perd peu à peu son éclat. En un mot, l'apparition de l'étoile temporaire serait simplement une éruption volcanique généralisée, beaucoup plus étendue et importante que celles qui se produisent parfois sur une région très restreinte de notre Terre.

Ce rapprochement donne lieu à quelques remarques complémentaires. Les fissures de l'écorce rompue, supposées réparties sur la surface entière de l'astre, jouent le rôle du réseau de filaments et alignements solaires, lié intimement, comme on sait, avec les protubérances. C'est par ces fissures que les gaz comprimés s'élèvent et se répandent au dehors; en même temps, dans leurs intervalles, les gaz retombent et s'accumulent sous une forte pression. Même on doit attribuer en partie à cette forte pression le déplacement notable des raies brillantes vers le rouge (¹).

Dans ces conditions, l'atmosphère de l'étoile nouvelle doit être le siège

---

(¹) Les filaments des couches supérieures solaires et les fissures de l'écorce stellaire ont ce point commun d'avoir des gaz ascendants. Dans le Soleil, l'ascension des gaz, parfois très rapide, se fait sur une petite portion de l'atmosphère; et la descente, relativement plus faible, a lieu sur des régions plus étendues. Il y aurait donc des différences avec la nouvelle étoile, mais ces différences disparaissent si l'on admet dans cette dernière une forte pression des gaz et un grand développement des fissures.

De plus, on peut faire l'objection suivante au rapprochement présenté et à ses conséquences : dans le Soleil, on a considéré seulement les couches supérieures et dans l'étoile l'ensemble des couches. Les couches solaires supérieures sont en effet les seules dont les mouvements soient faciles à reconnaître et actuellement bien déterminés. Mais, avec la forte pression supposée, l'objection perd sa valeur; le grand déplacement vers le rouge est subi par la lumière de toutes les couches.

de grands courants de convection; mais, toujours par analogie avec ce qui se passe dans le Soleil, cette atmosphère doit offrir en même temps d'autres mouvements généraux (voir à ce sujet le Tome IV des *Annales de l'Observatoire*, p. 107).

Dans l'atmosphère solaire supérieure, la matière gazeuse, ou plutôt la partie de cette matière qui est lumineuse [1], descend non seulement au-dessus des facules, mais au-dessus de la surface entière, quoique avec une vitesse moindre. Cette descente générale, entrevue depuis 1894, a été nettement mise en lumière par les belles mesures précises de Perot à Meudon, mesures qui se rapportent à plusieurs radiations et à plusieurs gaz. Elle est attribuée aux électrons, dits d'Arrhenius, qui sont attirés de tous les points de l'espace par la charge électrique positive de l'astre, et qui, ionisant les couches supérieures, communiquent aux ions formés une partie de leur vitesse. Il y a là une nouvelle cause de déplacement des raies brillantes vers le rouge, d'autant que le rayonnement ultraviolet, particulièrement riche dans la nouvelle étoile, doit provoquer une abondante émission d'électrons dans les nombreuses particules, formées par condensation.

D'une manière générale, d'après la théorie électronique ou corpusculaire du Soleil que j'ai ébauchée récemment (*Comptes rendus*, 1911, t. 152, p. 1433, 1542, et t. 153, p. 10), l'étoile nouvelle, à cause de la température momentanément élevée de sa surface et de son atmosphère, doit émettre, vers l'extérieur, en grande quantité, des ions positifs ou des électrons négatifs; et, sous l'influence de sa charge électrique totale, probablement positive, les ions et les électrons des deux signes se meuvent verticalement dans son atmosphère, les uns dans un sens, les autres dans l'autre sens, et tous ces mouvements peuvent expliquer aussi en partie les grands déplacements des raies spectrales vers le rouge et le violet dans la nouvelle étoile.

En résumé, avec un astre unique, on peut facilement rendre compte de toutes les particularités du phénomène, ou au moins de sa première partie. Quant à la transformation finale en nébuleuse, elle reste toujours mystérieuse; aucune des théories précédentes ne permet de la prévoir ou de l'expliquer [2]. Même si l'on suppose, comme dans la théorie de Seeliger,

---

[1] On a de fortes raisons de croire que, dans les gaz, l'émission lumineuse est faite par les ions seuls ou même par certains ions, et donc par une partie très restreinte de la masse entière. Dans ce cas, les mouvements radiaux décelés par le spectre se rapportent non au gaz entier, mais aux ions seuls.

[2] L'incertitude qui plane sur la phase finale du phénomène est assez naturelle, car nous ignorons encore la structure intime des nébuleuses et la cause de leur lumière,

qu'il y a rencontre de l'étoile avec une nébuleuse préexistante, on comprend mal pourquoi les radiations spéciales des nébuleuses ne se montrent pas fortes au début du phénomène. En réalité, ces radiations apparaissent à la fin seulement; elles semblent le terme final d'une transformation et d'une évolution atomique, analogues à celles admises par Sir Normann Lockyer, pour expliquer les différences générales des spectres stellaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques constantes physiques du cyclohexanol.* Note de M. DE FORCRAND.

Les nombreux chimistes qui ont fait l'étude du cyclohexanol depuis sa découverte par von Baeyer en 1893, n'ont pas cherché en général à préciser ses propriétés physiques, et l'on trouve dans leurs Mémoires des données peu concordantes à ce sujet, surtout en ce qui concerne le point de fusion.

Ainsi Baeyer (1) a indiqué que le cyclohexanol fondait vers + 15°, puis entre + 16° et + 17°; Zelinsky (2) ne fait pas mention de son point de fusion; Markownikoff (3), après avoir annoncé qu'il cristallise *en aiguilles* à la *température ordinaire*, nous dit, dans un autre Mémoire, qu'il fond *aux environs de* + 25° (4); Brunel, en 1903, donne + 16° à + 17°, et en 1905, *vers* + 20° (5); Sabatier et Senderens (6) indiquent + 12°; Hollemann (7) + 20°; Freundler (8) + 15° en 1906.

De pareils écarts, de 13° environ, étaient possibles il y a une dizaine

et nous n'avons pas encore isolé le gaz nébulium, d'ailleurs hypothétique. Avec la transformation atomique adoptée ici comme cause possible, on devrait avoir, semble-t-il, au moins à l'état de traces, les raies nébuleuses dans le Soleil ou sa couronne, et les raies coronales dans la nouvelle étoile. A noter que la raie verte coronale a été déjà signalée dans la première phase des étoiles temporaires.

(1) *Berichte*, t. XXII, 1893, p. 229. — *Ann. Lieb.*, t. CCLXXVIII, 1894, p. 99.

(2) *Berichte*, t. XXX, 1897, p. 390. — *Berichte*, t. XXXIV, 1901, p. 2800.

(3) *Ann. Lieb.*, t. CCCII, 1898, p. 21. — *J. Soc. phys. chim. russe*, t. XXXI, 1899, p. 356.

(4) *J. Soc. phys. chim. russe*, t. XXX, 1898, p. 151. La traduction de ce dernier Mémoire dans le *Bulletin de la Société chimique de France* (t. XX, 1898, p. 353) fait dire à Markownikoff que le cyclohexanol *fond à* + 25°, ce qui est manifestement inexact.

(5) *Comptes rendus*, t. 137, 1903, p. 62, et *Thèse* de Doctorat ès Sciences, Paris, 1905, p. 11.

(6) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. IV, 1905.

(7) *Revue Trav. chim. Pays-Bas*, t. XXIV, 1905, p. 19, et *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIV, 1905, p. 619.

(8) *Bull. Soc. chim.*, t. XXXV, 1906, p. 543.

d'années, alors que le cyclohexanol ne pouvait être préparé que très péniblement et en faible quantité ([1]); mais aujourd'hui que la merveilleuse méthode de MM. Sabatier et Senderens permet d'obtenir cet alcool par kilogrammes, en peu de temps et à bon compte, il importe évidemment de mettre fin à cette incertitude.

Remarquons d'ailleurs que, toute matière étrangère dissoute ayant pour effet d'abaisser le point de fusion des échantillons examinés, c'est, parmi les nombres qui précèdent, le plus élevé qui doit être le plus près du point de fusion réel, soit $+20^\circ$ (nombre de Hollemann et de Brunel).

En outre, comme les impuretés qui souillent le produit brut préparé par la méthode catalytique (phénol et ses homologues, cyclohexène, cyclohexanone, homologues supérieurs du cyclohexanol) peuvent être complètement éliminées par les procédés ordinaires, il y a lieu de penser que la principale impureté qui a abaissé le point de fusion dans la plupart des déterminations est l'eau. Markownikoff a d'ailleurs signalé que des traces d'humidité empêche cet alcool de cristalliser même à $+10^\circ$.

Enfin ces traces d'eau, même pour un abaissement de plusieurs degrés, doivent être très faibles, puisqu'elles ne paraissent pas avoir gêné les savants qui ont fait l'étude chimique du cyclohexanol, au point que leur attention n'a pas été attirée sur ce détail.

Il résulterait de là qu'il s'agit d'un alcool très hygroscopique, que son abaissement moléculaire du point de congélation doit être très élevé, et par suite sa chaleur de fusion très faible. C'est pour contrôler et préciser ces conclusions que j'ai entrepris la présente étude.

J'ai pris comme point de départ un kilogramme de cyclohexanol, préparé spécialement au Laboratoire de catalyse de Toulouse, bien exempt de toute impureté autre que l'eau. Il cristallisait entre $+15^\circ$ et $+16^\circ$, mais la cristallisation étant confuse, en grandes aiguilles imprégnées d'un liquide sirupeux, aspect que divers auteurs ont signalé à plusieurs reprises.

L'analyse donnait d'ailleurs des chiffres très corrects ([2]) :

C........	71,75 pour 100 au lieu de 72
H........	12,08 pour 100 au lieu de 12

([1]) En 1903 (*Bull. Soc. chim.*, t. XXIX, 1052), Bouveault qualifiait le cyclohexanol de *précieuse substance*, et remerciait M. Brunel de lui en avoir confié *un gramme* pour ses expériences.

([2]) Remarquons que l'analyse organique ne permet pas de reconnaître si le cyclohexanol est tout à fait exempt d'eau. En effet la présence de $\frac{1}{200}$ d'eau abaisserait seulement la teneur en carbone à 71,65, nombre encore acceptable. D'autre part, l'eau contient à très peu près la même quantité d'hydrogène que le cyclohexanol.

Je suis arrivé à enlever les dernières traces d'eau de la manière suivante :

La cristallisation fractionnée réussit au début. On peut gagner trois ou quatre degrés en répétant l'opération, mais elle est assez pénible et fait perdre beaucoup de substance.

Le liquide fondant vers + 19° est alors soumis à l'action des déshydratants faibles tels que le sulfate de soude anhydre. On arrive ainsi à un point de fusion de + 20° à + 21°, après distillation. Pour dépasser cette limite, il faut distiller à plusieurs reprises, en présence d'un peu de sulfate de soude anhydre, avec un tube à boules Henninger et Le Bel à 5 ou 6 boules ou avec un tube Vigreux, tout l'appareil étant bien desséché, et recueillir dans des vases secs, en évitant les transvasements, le liquide qui passe à point fixe.

On met fin aux opérations lorsque la température de fusion ne s'élève plus.

C'est avec des échantillons ainsi préparés et recueillis que j'ai déterminé : le point d'ébullition, le point de fusion, la forme cristalline, la densité, la solubilité dans l'eau.

1° *Point d'ébullition.* — Le liquide étant recueilli directement dans un petit ballon à distillation à double col, bien sec, puis distillé, j'ai trouvé qu'il bout exactement à + 160°,9 (toutes corrections faites) sous la pression de 766^{mm} (1).

2° *Température de solidification.* — Le point de fusion et de solidification est à + 22°,45. C'est la température à laquelle se forment et se détruisent les premiers cristaux qui se déposent dans un tube de verre mince, scellé à la lampe, très lentement réchauffé et refroidi entre + 22° et + 23°. Plus exactement, j'ai observé la formation des cristaux à + 22°,40 et leur fusion à + 22°,50. On peut donc adopter la moyenne, soit + 22°,45, comme point de fusion et de solidification. Il n'y a pas de surfusion sensible.

3° *Forme cristalline.* — Avec un produit aussi complètement purifié, le phénomène de la solidification est très beau. Ce ne sont plus du tout ces aiguilles enchevêtrées ou ces masses d'aspect mielleux, visiblement imprégnées de liquide, qui ont été souvent décrites, par Markownikoff et d'autres,

(1) C'est bien la température indiquée par Zélinsky en 1901. Les données de Markownikoff de 1898, soit 160°,5 sous 738^{mm} et 161°,5 sous 773^{mm}, conduiraient à une température un peu inférieure, soit + 160°,65 sous la pression de 760^{mm}.

et que donne le cyclohexanol encore aqueux, fondant vers + 15° ou + 18°. Et certainement tous les auteurs qui ont signalé cette apparence ont eu en mains un produit fondant au-dessous de + 20° et incomplètement déshydraté.

Le cyclohexanol anhydre, fondant à + 22°, 45, donne au contraire de magnifiques octaèdres quadratiques complets et très brillants. Le rapport entre la hauteur et l'arête basique est sensiblement égal à 2, en admettant la forme b^1. Dans les tubes, les cristaux grossissent peu à peu et peuvent, par un refroidissement très lent, atteindre près de 2 centimètres de longueur et 1 centimètre de largeur. Lorsque tout paraît pris en masse, la matière devient transparente comme de la glace, avec des stries peu visibles.

4° *Densité.* — C'est avec ces cristaux fondus que j'ai déterminé la densité, à la température limite de + 22, 5. J'ai obtenu pour le cyclohexanol liquide : $d\frac{22°,5}{4} = 0,9471$ (¹).

Au moment de la solidification, il se produit une forte contraction.

5° *Solubilité.* — En agitant longtemps ensemble, à + 11°, de l'eau et du cyclohexanol pur en quantité suffisante, on obtient deux couches. L'analyse des deux liquides a donné :

Couche supérieure..........	$C^6H^{12}O + 0,626\ H^2O$
Couche inférieure..........	$C^6H^{12}O + 98\ H^2O$

On obtient le même résultat en superposant, dans une petite cloche, deux capsules contenant séparément de l'eau et des cristaux de cyclohexanol pur ; les cristaux se liquéfient presque immédiatement, et les deux liquides se saturent mutuellement peu à peu.

Ainsi, à 11°, 100 parties de cyclohexanol dissolvent 11,27 parties d'eau, et, inversement, 100 parties d'eau dissolvent 5,67 parties de cyclohexanol.

Je me propose de compléter ces résultats par l'étude cryoscopique du cyclohexanol et celle du système : eau-cyclohexanol.

(¹) Le nombre est exactement celui que Zélinsky a donné en 1901 pour la température de + 22°. Ce fait me porte à penser que cet auteur a dû obtenir le cyclohexanol *presque* anhydre, bien qu'il n'indique pas son point de fusion. Toutefois ce point était certainement un peu inférieur à + 22°, puisqu'il a choisi cette température pour la densité.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux membres de la *Commission de vérification des Comptes de* 1911.

MM. **H. Deslandres** et **A. Dastre** réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la raie verte de la couronne.* Note de M. **A. Perot**, présentée par M. H. Deslandres.

Lors de la dernière éclipse, je m'étais proposé de chercher à déterminer la longueur d'onde de la raie verte du coronium aux bords est et ouest de l'équateur solaire, et, par la comparaison des nombres trouvés, d'étudier après M. Campbell (1) la rotation de la couronne. Malheureusement, le Soleil étant à une époque de minimum d'activité, l'éclat de la couronne s'est trouvé faible et je n'ai pu voir la raie verte qu'au bord ouest; toutefois, j'ai fait quelques constatations que je crois assez intéressantes pour être rapportées.

L'appareil employé était le grand spectroscope à 2 prismes et retour de rayons (4 prismes) de $2^m,60$ de distance focale que j'ai monté à Meudon pour l'emploi de la méthode de spectroscopie interférentielle. Celle-ci a été laissée de côté, vu la faiblesse probable de la raie et l'incertitude qu'il y avait sur la largeur de celle-ci et, par suite, sur l'épaisseur de l'étalon à utiliser. L'image solaire était fournie par un miroir concave donnant une image de 36^{mm} de diamètre sur une plaque de cuivre percée d'une ouverture rectangulaire de 3^{mm} de large sur 3^{mm} de hauteur; cette fente était normale à l'équateur solaire. Le miroir était monté sur une coulisse, de manière à pouvoir déplacer rapidement l'image solaire de telle sorte que la fente fût successivement à 1^{mm} (environ $1'$) du bord ouest et du bord est du disque solaire. A travers la fente passait donc à volonté soit la lumière coronale et la lumière diffuse du bord ouest, soit celles du bord est du Soleil. Un objectif projetait l'image de la fente sur celle du spec-

(1) *Astrophysical Journal*, t. X, 1899, p. 188.

troscope, les deux directions de ces deux fentes n'étant d'ailleurs pas parallèles. Les observations ont été faites oculairement : l'appareil était muni à cet effet d'un oculaire micrométrique, la dispersion était telle que pour la région de longueur d'onde 5300 Å, une division du tambour de l'oculaire correspondait à 0,01841 Å ; le micromètre portait une série de fils parallèles placés à des intervalles croissant, de manière à pouvoir encadrer entre deux fils une raie de largeur quelconque, depuis les raies fines du spectre solaire jusqu'à des raies de 1,5 Å de large.

Toutes choses étant ainsi disposées, et l'image solaire étant placée de manière à recevoir dans le spectroscope la lumière prélevée à 1′ du bord ouest du Soleil, j'attendis que le disque de la Lune découvrît la fente; j'aperçus alors pendant quelques secondes la raie brillante verte sous l'aspect d'une raie large d'environ 1,5 Å, dissymétrique, assez nette vers le violet, fortement dégradée vers le rouge, telle que se présenterait une bande non résolue dans un spectroscope peu dispersif; pour l'encadrer, je dus employer la paire de fils la plus large, la raie semblait occuper tout l'intervalle des deux fils (1,5 Å). J'eus le temps de faire rapidement un pointé; la longueur d'onde ainsi trouvée est 5303,7 Å.

M. Idrac, qui voulut bien m'aider dans ces mesures, déplaça alors l'image solaire de façon à prélever la lumière du bord est du Soleil, mais il me fut impossible de discerner nettement une raie brillante.

Je ne pus donc avoir une mesure de la longueur d'onde à l'est; d'ailleurs la largeur de la raie était telle au bord ouest qu'une mesure de la rotation aurait été très difficile sinon illusoire; la rotation au bord de l'équateur solaire correspond en effet dans cette région du spectre à une variation de longueur d'onde de 0,07 Å, et la forme de la raie, fortement dégradée vers le rouge, n'aurait pas permis d'atteindre dans une mesure aussi rapide la précision requise.

J'ai trouvé une longueur d'onde plus grande que celle qu'a donnée M. Campbell (5303,3 Å). Celui-ci signale aussi la dissymétrie de la raie, et dans le cas de dissymétrie, la position moyenne de la raie dépend de la sensibilité de l'appareil récepteur, plaque photographique ou rétine, surtout quand on opère en encadrant la raie entre deux fils parallèles; si j'ai vu, comme cela semble probable, la raie plus large que lui, et s'il a pointé ses clichés avec une croisée de fils, c'est-à-dire s'il a pointé la région la plus intense, le nombre que j'ai trouvé devait bien être supérieur au sien.

En résumé, l'observation faite montre que la raie était très large, dissymétrique, fortement dégradée vers le rouge, la longueur d'onde moyenne trouvée est 5303,7 Å, au bord ouest à 1′ de la surface solaire.

ASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse de Soleil du 17 avril 1912.* Note de MM. **Durand, Levesque** et **Viviez**, présentée par M. Bigourdan.

Le Service géographique de l'Armée a installé, après entente avec le Bureau des Longitudes, sur une ligne à peu près normale à la ligne de centralité de l'éclipse, trois stations d'observation, à Verberie, Saintines et Béthisy-Saint-Pierre.

1° *Verberie.* — Le commandant Durand, les capitaines Vicq et Rocard. Instruments : équatorial de 6 pouces de Eichens (G = 40), un théodolite de Brunner et un poste récepteur de télégraphie sans fil.

2° *Saintines.* — Le capitaine Levesque et le lieutenant de Fontanges. Instruments : équatorial de 5 pouces (G = 150 et 40), un théodolite Chasselon, une petite lunette photographique.

3° *Béthisy-Saint-Pierre.* — Les capitaines Viviez et Penel. Instruments : une lunette de 3 pouces donnant sur un écran une image du Soleil de 40^{mm} de diamètre, un théodolite et un poste de télégraphie sans fil.

L'heure a été reçue à Verberie et à Béthisy de la Tour Eiffel ; à Saintines, elle a été faite par des distances zénithales du Soleil, et apportée de Verberie. Elle est donnée en temps moyen de Greenwich.

Les observateurs devaient, outre les contacts, noter toutes les particularités. Les équatoriaux, diaphragmés au début et à la fin à $0^{m},10$, ont travaillé à toute ouverture à la centralité.

A Verberie, le commandant Durand a pris de très nombreuses mesures de la longueur et de l'angle de position des cordes.

A Saintines, la lunette photographique a donné une photographie du deuxième contact avec grains de Baily ; et une autre, après le troisième, montrant encore des grains de Baily.

L'éclipse a été annulaire.

A. *Observations.*

	Verberie.	Saintines.	Béthisy-Saint-Pierre.
Latitude	49° 18′ 40″, 9	49° 18′ 20″	49° 18′ 15″, 6
Longitude...	0° 25′ 28″, 75 E.	0° 26′ 18″ E.	0° 28′ 26″, 5 E.
Altitude	»	33^m	»
Instruments..	équator. (G = 40)	équat. (G = 150 et 40)	lunette : 3 pouces
Aspect de l'éclipse..	annulaire; épaisseur de l'anneau au Nord plus forte que l'épaisseur au Sud : $\frac{e_N}{e_S} = 3$ env.	annulaire; épaisseur de l'anneau sensiblement uniforme.	annulaire; épaisseur de l'anneau plus forte au Sud : $\frac{e_N}{e_S} = \frac{1}{3}$ env.

Contacts et angles de position.

Contacts.	Verberie.	Saintines.	Béthisy-Saint-Pierre.
		h m s	h m s
1........................	»	22.51.34,9 (245°)	22.49.41
2........................	0^h 11^m 16^s, 5	0.11.23,2 (245°)	»
3........................	0.11.22,5	0.11.31,2 (65°)	»
4........................	»	1.31.12,7 (65°)	1.33. 4
Durée de la phase centrale ..	6 secondes	8 secondes	»
Heure du milieu de l'éclipse.	0^h 11^m 19^s, 5	0^h 11^m 27^s, 2	»

B. *Aspect du phénomène.* — Des grains de Baily ont été vus aux trois stations; l'un d'eux a présenté un ligament noir assez fort sur le bord sud de la Lune et d'assez longue durée, 3 minutes environ. A Verberie, les grains sont apparus en tournant au moment de la centralité et ont troublé l'observation des contacts. A Saintines, ils ont été vus presque simultanément sur les bords nord et sud sans gêner la netteté des deuxième et troisième contacts.

A Saintines, au moment du deuxième contact, plusieurs franges lumineuses concentriques au croissant naissant sur 100° d'arc et à environ 5′ du bord lunaire, ont été vues. Il n'a été aperçu ni rayons en brosse, ni protubérances, ni couronne.

C. *Résultats.* — Il résulte des observations que la ligne de centralité a coupé la droite Verberie-Béthisy près de son milieu, à hauteur de l'église de Saintines.

Au moyen de la durée de la phase annulaire à Saintines, point situé sur la ligne de centralité, la différence des demi-diamètres du Soleil et de la Lune peut être évaluée à $\frac{8^{sec}}{5^{sec}}$, soit à 1″, 5 grossièrement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les limites des substitutions du groupe d'une équation linéaire du second ordre.* Note de M. **René Garnier**, présentée par M. Émile Picard.

Cette Note a pour but d'indiquer une méthode résolvant dans le cas le plus général le problème posé et résolu dans un cas particulier par ma Note du 6 mai dernier; je rappelle qu'il s'agit de rechercher la limite pour ε tendant vers o de la substitution du groupe de l'équation

$$(\mathrm{E}') \quad \frac{d^2y}{dx^2} + \left(\frac{r + \frac{\gamma}{\varepsilon}}{x} + \frac{s - \frac{\gamma}{\varepsilon}}{x - \varepsilon}\right)\frac{dy}{dx} - \left[\frac{\alpha + \frac{\gamma}{\varepsilon}}{x} + \frac{\beta - \frac{\delta}{\varepsilon}}{x - \varepsilon} + p(x)\right] y = 0,$$

correspondant à un lacet $\mathcal{L}$ décrit autour de $x = 0$.

1. Soient x_0 un point pris à l'intérieur du cercle (C) où $p(x) = \sum_{n=0}^{+\infty} p_n x^n$ est holomorphe, et (Y_1, Y_2) un système fondamental d'intégrales de (E') défini par les conditions $Y_1(x_0) = 1 = Y'_2(x_0)$, $Y_2(x_0) = 0 = Y'_1(x_0)$. Je démontre que lorsque x décrit le lacet $\mathcal{L}$, d'origine x_0, ce système subit la substitution

$$(1)\quad \begin{cases} S_0 Y_1 = \left[1 - \omega(x_0, \varepsilon) x_0^{r+\frac{\gamma}{\varepsilon}} (x_0 - \varepsilon)^{s-\frac{\gamma}{\varepsilon}} L(x_0, \varepsilon)\right] Y_1 + \omega(x_0, \varepsilon) \\ \qquad \times \left[1 - e^{-2\pi i\left(r+\frac{\gamma}{\varepsilon}\right)} - \omega(x_0, \varepsilon) x_0^{r+\frac{\gamma}{\varepsilon}} (x_0 - \varepsilon)^{s-\frac{\gamma}{\varepsilon}} L(x_0, \varepsilon)\right] Y_2, \\ S_0 Y_2 = x_0^{r+\frac{\gamma}{\varepsilon}} (x_0 - \varepsilon)^{s-\frac{\gamma}{\varepsilon}} L(x_0, \varepsilon) Y_1 \\ \qquad + \left[e^{-2\pi i\left(r+\frac{\gamma}{\varepsilon}\right)} + \omega(x_0, \varepsilon) x_0^{r+\frac{\gamma}{\varepsilon}} (x_0 - \varepsilon)^{s-\frac{\gamma}{\varepsilon}} L(x_0, \varepsilon)\right] Y_2, \end{cases}$$

en désignant par $\omega(x, \varepsilon)$ la dérivée logarithmique $\varphi^{-1}(x, \varepsilon) \frac{\partial}{\partial x} \varphi(x, \varepsilon)$ de l'intégrale $\varphi(x, \varepsilon)$ de (E') holomorphe pour $x = 0$ (définie à un facteur près), et en posant

$$L(x_0, \varepsilon) = \int_{\mathcal{L}} x^{-r-\frac{\gamma}{\varepsilon}} (x - \varepsilon)^{-s+\frac{\gamma}{\varepsilon}} \left[\frac{\varphi(x_0, \varepsilon)}{\varphi(x, \varepsilon)}\right]^2 dx.$$

Tout revient donc à étudier ce que deviennent $\omega(x_0, \varepsilon)$ et $L(x_0, \varepsilon)$, lorsque ε tend vers o; or, je vais montrer qu'il existe entre ces quantités une relation remarquable qui permet de se borner à rechercher la limite de

$\omega(x_0, \varepsilon)$. Ce qui fait l'intérêt de ce résultat, c'est qu'il évite la discussion de $L(x_0, \varepsilon)$ pour ε infiniment petit; cette discussion a été faite dans ma Note précédente pour un cas particulier, mais elle est singulièrement difficile en général.

2. A cet effet, décrivons de x_0 comme origine et dans le sens direct, un second lacet $\mathcal{L}_1$ autour de $x = \varepsilon$, laissant $x = 0$ à son extérieur. On peut établir pour la substitution S_1 correspondant à $\mathcal{L}_1$ des formules analogues à (1) et faisant intervenir deux nouvelles expressions $\omega_1(x_0, \varepsilon)$ et $L_1(x_0, \varepsilon)$ correspondant à $\omega(x_0, \varepsilon)$ et à $L(x_0, \varepsilon)$. Or le produit de S_0 et S_1 est égal à la substitution $\Sigma(\Sigma Y_1 = AY_1 + BY_2, \Sigma Y_2 = CY_1 + DY_2)$ correspondant à un circuit direct décrit de x_0 comme origine autour de $x = 0$ et $x = \varepsilon$. Il résulte de théorèmes classiques et des hypothèses faites sur (E′) que lorsque ε tend vers 0, A, B, C, D tendent vers des limites finies bien déterminées, qui sont les coefficients de la substitution $\bar{\Sigma}$ correspondant à un lacet simple direct λ, d'origine x_0, décrit autour de $x = 0$, dans le plan de l'équation limite (e). Exprimons alors que $S_0 S_1 = \Sigma$ et éliminons ω_1 et L_1 entre les quatre relations obtenues; l'une des équations résultantes est

$$(2)\quad L(x_0, \varepsilon) = x_0^{-\left(r+\frac{\gamma}{\varepsilon}\right)} (x_0 - \varepsilon)^{-\left(s-\frac{\gamma}{\varepsilon}\right)} \times \frac{C\left[1 - e^{-2\pi i\left(r+\frac{\gamma}{\varepsilon}\right)}\right]\omega(x_0, \varepsilon) + (A-1)\left[D - e^{2\pi i\left(r+\frac{\gamma}{\varepsilon}\right)}\right] - BC}{C\omega^2(x_0, \varepsilon) + (A - D)\omega(x_0, \varepsilon) - B};$$

on voit donc qu'en général $L(x_0, \varepsilon)$ tend vers une limite bien déterminée s'il en est de même de $\omega(x_0, \varepsilon)$; les seuls cas où cette conclusion pourrait être en défaut correspondent à $B = 0 = C$, $A = D = e^{-2\pi i\left(r+\frac{\gamma}{\varepsilon}\right)}$ ou 1. Dans le premier cas, $L(x_0, \varepsilon)$ s'exprime à l'aide de $\omega(x_0, \varepsilon)$ et $\omega_1(x_0, \varepsilon)$; dans le second, (E′) *possède une intégrale* $\varphi(x, \varepsilon)$ *holomorphe dans* (C). Il faut alors étudier directement $L(x_0, \varepsilon)$, ce qui a été fait dans ma Note précédente (n° 2) avec $F(x) = \varphi^2(x_0)\varphi^{-2}(x)$; par suite, les coefficients de S_0 (pour $\gamma = 0$) ou des combinaisons linéaires convenablement choisies de ces coefficients (pour $\gamma \neq 0$) tendent vers des limites bien déterminées.

3. Il s'agit donc d'étudier si $\omega(x_0, \varepsilon)$ tend vers une limite lorsque ε tend vers 0. Supposons, pour abréger le langage, les coefficients de (E′) réels et $\gamma' < 0$ par exemple; prenons pour ε une quantité négative de module arbitrairement petit; j'ai établi que *si* r *et* s *sont supérieurs à* 1, $\omega(x_0, \varepsilon)$ *tend uniformément vers une limite déterminée, quel que soit le nombre positif* x_0,

inférieur à une quantité a [ne dépendant que des coefficients de (E′) autres que ε].

La considération de (E′) montre qu'il suffit d'établir une proposition analogue à la précédente, mais où $\varphi(x_0, \varepsilon)$ remplacerait $\omega(x_0, \varepsilon)$; or j'ai démontré cette dernière proposition à l'aide de la méthode *des approximations successives*. Posons $y_0\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) = 1$; on peut représenter $\varphi(x_0, \varepsilon)$ par le développement

$$\varphi(x_0, \varepsilon) = y_0\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) + \ldots + y_n\left(\frac{x_0}{\varepsilon}\right) + \ldots,$$

où l'on a

$$(3)\quad y_{n+1}\left(\frac{x_0}{\varepsilon}\right)$$
$$= \frac{x_0^{1-r-s}}{1-r-s} F\left(s - \frac{\gamma}{\varepsilon}, -1 + r + s, r + s, \frac{\varepsilon}{x_0}\right) \int_0^{x_0} x^{r+s}\left(1 - \frac{\varepsilon}{x}\right)^{1-r-s} z_n\, dx$$
$$- \frac{1}{1-r-s} \int_0^{x_0} x\left(1 - \frac{\varepsilon}{x}\right)^{s-\frac{\gamma}{\varepsilon}} F\left(s - \frac{\gamma}{\varepsilon}, -1 + r + s, r + s, \frac{\varepsilon}{x}\right) z_n\, dx,$$

avec

$$z_n = \left[\frac{\alpha}{x} + \frac{\beta}{x-\varepsilon} - \frac{\delta}{x(x-\varepsilon)}\right] y_n\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) + p_0 y_{n-1}\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) + \ldots + p_{n-1} x^{n-1} y_{n-1}\left(\frac{x}{\varepsilon}\right).$$

Or, quand ε tend vers 0, et sous les restrictions faites sur r et s, ce développement converge (uniformément pour $0 < x_0 < a$) vers le développement

$$(4)\qquad \bar{\varphi}(x_0) = Y_0(x_0) + \ldots + Y_n(x_0) + \ldots,$$

où l'on a $Y_0(x_0) = 1$ et où $Y_{n+1}(x_0)$ se déduit de $Y_n(x_0)$ par une formule analogue à (3), mais où $y_i\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)$ est remplacé par $Y_i(x)$ et les termes dépendant de ε par leurs limites. Mais la série convergente (4) *représente la valeur en x_0 d'une branche d'intégrale de l'équation limite* (e); cette branche est d'ailleurs parfaitement définie par la condition de tendre vers 1 lorsque x_0 tend vers le point *irrégulier* $x = 0$ à l'intérieur d'un angle aussi voisin de π qu'on le veut. Je reviendrai sur ce résultat au point de vue de l'étude des intégrales de (e) dans le voisinage d'un point irrégulier, et je me borne à remarquer que la proposition précédente fournit la réponse au problème actuel : rapprochée en effet de (1) et (2), elle montre que (pour $\gamma = 0$) les coefficients de S, et (pour $\gamma \neq 0$) des combinaisons linéaires convenables de ces coefficients tendent vers des limites finies : c'est bien le résultat annoncé dans ma Note précédente. J'en ferai prochainement une applica-

tion importante *aux équations irréductibles du second ordre dont l'intégrale générale a ses points critiques fixes.*

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les petits mouvements de surface d'un liquide dans le champ d'une force centrale attractive, fonction de la distance.* Note de M. G. **Bouligand**, présentée par M. H. Poincaré.

Dans deux Notes publiées antérieurement (¹), M. Hadamard a donné le moyen de former une équation intégro-différentielle qui régit les petits mouvements de surface d'un liquide placé dans le champ de la pesanteur; et il a indiqué que la méthode employée est susceptible de se généraliser au cas d'un liquide placé dans un champ de forces non uniforme. Je me propose ici d'étudier l'application de cette méthode au cas particulier d'un liquide placé dans le champ d'attraction d'une force centrale, fonction de la distance.

La position d'équilibre du liquide sera alors une sphère (S) de rayon R, ayant pour centre le centre O d'attraction. Le liquide étant primitivement au repos, il y aura un potentiel des vitesses. N'étudiant que les mouvements de faible amplitude, nous considérerons les déplacements et les vitesses comme des infiniment petits du premier ordre, ce qui nous permettra d'en négliger les carrés et les produits.

Cela posé, soient ψ la dérivée par rapport au temps du potentiel des vitesses, z la dénivellation comptée positivement sur la normale extérieure, enfin $U(r)$ la fonction des forces. Choisissons les unités de manière que $U'(R) = 1$. Écrivons que la pression est nulle à la surface libre. Nous aurons, en négligeant les infiniment petits d'ordre supérieur, la condition

$$\psi = z. \tag{1}$$

De plus, nous avons également à la surface libre

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{\partial \psi}{\partial r}; \tag{2}$$

ψ est une fonction harmonique qui sur la surface libre remplit les conditions (1) et (2).

Nous n'omettrons que des infiniment petits d'ordre supérieur en la

---

(¹) *Comptes rendus* des 7 et 21 mars 1910.

remplaçant par la fonction harmonique remplissant les mêmes conditions, non plus sur la surface libre, mais bien sur la sphère S elle-même.

La formation de l'équation intégro-différentielle des petits mouvements de surface est alors immédiate. Soit $\gamma(M, P)$ la fonction de Neumann de la sphère (¹). Nous pouvons écrire

$$(3) \qquad 4\pi R\,\psi_P = r\frac{\partial}{\partial r}\int\int_S z_M\,\gamma(M, P)\,dS_M,$$

r désignant la distance au centre d'attraction du point P intérieur à la sphère et M un point de la surface de la sphère. En traduisant la condition (2) il nous vient l'équation cherchée

$$(4) \qquad 4\pi R\left(R\frac{\partial^2 z_P}{\partial t^2} + z_P\right) + \Delta_2\int\int_S z_M\,\gamma(M, P)\,dS_M = 0,$$

en désignant par Δ_2 le paramètre différentiel du second ordre de Beltrami relatif à la surface de la sphère.

Il faut d'ailleurs remarquer que les considérations précédentes généralisent seulement ce qui pour le cas de la pesanteur est relatif au cas du fluide indéfini. On peut donc se demander si ici encore les solutions de l'équation (4) ne vérifient pas une équation aux dérivées partielles. La réponse est affirmative. On peut s'en rendre compte immédiatement en généralisant une méthode donnée par M. Boussinesq (²) pour établir dans le cas du fluide pesant l'équation de Cauchy. On considère pour cela la fonction harmonique auxiliaire

$$V = R\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} - r\frac{\partial\psi}{\partial r}.$$

Elle s'annule sur la sphère (S) en vertu des conditions (1) et (2). Donc elle est identiquement nulle à l'intérieur. Au moyen de différentiations appropriées, on en déduit que z est solution de l'équation aux dérivées partielles

$$(5) \qquad R\left(R\frac{\partial^2 z}{\partial t^4} + \frac{\partial^2 z}{\partial t^2}\right) + \Delta_3 z = 0.$$

Enfin si l'on considère le mouvement du liquide limité par un cône de sommet o, on peut voir sans difficulté que la fonction V est identiquement nulle dans le volume compris entre ce cône et la sphère (on a en effet $V = 0$

(¹) Voir Hadamard, *Propagation des ondes*, Chap. I.

(²) *Application des potentiels*, etc., § IV, p. 578.

sur la portion sphérique de la frontière et $\frac{dV}{dn} = 0$ sur la partie conique).

Donc les petits mouvements du liquide obéissent encore à l'équation (5).

MÉCANIQUE. — *Sur une propriété remarquable des câbles télédynamiques.* Note [1] de M. **Gaston Leinekugel Le Cocq**, présentée par M. Alfred Picard.

Lorsqu'un câble télédynamique supporte, entre deux points A et B situés sur une même horizontale, n poids $p_1, p_2, p_3, \ldots, p_n$, la valeur de l'ordonnée y du câble correspondant à une abscisse x est définie par la relation

$$y = \frac{\Sigma M_{p_i x}}{T_H}.$$

Dans cette formule : $\Sigma M_{p_i x}$ représente le moment de flexion du poids permanent p_0 du câble et des poids $p_1, p_2, \ldots, p_n$ par rapport à la section x; T_H est la tension horizontale développée dans le câble. Ce théorème permet donc d'écrire immédiatement les équations des $n+1$ arcs de parabole qui peuvent remplacer les $n+1$ arcs de chaînette décrits par le câble déformé par la présence des n poids qu'il supporte.

Il suffit de démontrer cette propriété pour le cas d'une surcharge concentrée p_1; on l'étend en suivant la même méthode au cas général où il y a n poids.

La propriété énoncée plus haut dans le cas envisagé se traduit par les relations

$$(1) \qquad T_H y = \frac{p_0}{2} x(2d - x) + p_1 x \frac{(2d - z)}{2d} \qquad \text{lorsque} \qquad 0 < x < z$$

ou

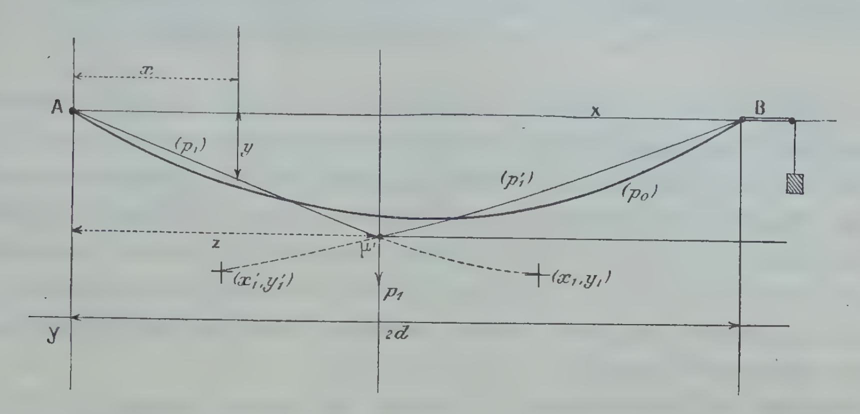
$$(1') \qquad T_H y = \frac{p_0}{2} x(2d - x) + p_1 z \frac{(2d - x)}{2d} \qquad \text{lorsque} \qquad z < x < 2d.$$

Les seconds membres de ces expressions représentent les moments de flexion par rapport à la section x du poids constant p_0 du câble et du poids concentré p_1 dans la section z. Ces relations (1), (1′) donnent les équations des arcs décrits par le câble déformé. Le câble décrit seul sous son propre poids p_0 une parabole (voir la figure); lors de la présence du poids p_1, il se déforme suivant deux arcs de chaînette.

---

[1] Présentée dans la séance du 13 mai 1912.

Les deux arcs de parabole qui peuvent remplacer ces arcs de chaînette, à un infini-



ment petit du deuxième ordre près, sont les arcs (p_1) de A en μ' et (p'_1) de μ' en B. Mais l'équation de la parabole (p_1) est

$$y = \frac{y_1}{x_1^2} x(2x_1 - x),$$

les équations d'équilibre donnent (¹)

$$(2) \qquad \frac{2\,T_H}{p_0} = \frac{x_1^2}{y_1},$$

$$(3) \qquad x_1 = d + \frac{p_1}{p_0}\left(1 - \frac{z}{2d}\right).$$

Si l'on remplace dans l'équation de (p_1) les valeurs de x_1, y_1 par celles déduites de (2) et (3), on trouve précisément la relation (1) qui caractérise la propriété énoncée.

Application. — L'intérêt qui s'attache à cette propriété remarquable réside dans l'application courante des câbles télédynamiques à tension constante. On réalise cette disposition en fixant l'une des extrémités A du câble, on laisse passer le même câble en B sur une ou plusieurs poulies et on le fixe à un poids déterminé ; la tension T_H étant ainsi constante, on a pour toute position d'une ou plusieurs surcharges l'ordonnée de chaque point des courbes décrites par le câble.

La mise en place projetée d'un câble aéro-dynamique de 500^m de portée et à tension constante trouvera dans cette propriété précédente le moyen de déterminer exactement, pour un chariot de poids donné le parcourant, les différentes phases de la déformation de ce rail aérien.

(¹) Voir Tome I : *Ponts suspendus flexibles*, p. 134 (de l'auteur de la Communication). O. Doin, éditeur ; 1911.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le phénomène de Volta et la théorie de Nernst.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. E. Bouty.

Les différences de potentiel de Volta (de l'ordre du volt) paraissent devoir être définitivement localisées dans les couches superficielles altérées des métaux : Des expériences variées et concordantes ([1]) montrent en effet qu'elles disparaissent presque complètement, entre les métaux oxydables et l'or, quand on élimine aussi rigoureusement que possible toute trace d'eau.

Ce rôle essentiel de l'eau semble conduire à une interprétation électrolytique (théorie de Nernst).

Cependant, si l'on envisage la couche de passage complète entre un métal massif et sa solution électrolytique aqueuse, le domaine d'hétérogénéité n'a pas tout entier une nature quasi électrolytique et la conductibilité ionique : Il doit comporter aussi une partie quasi métallique, avec conductibilité électronique prépondérante. Dans cette région peuvent exister des forces électromotrices agissant sur les électrons porteurs de charges, comme à la soudure de deux métaux; elles pourraient même y être bien plus grandes, car l'hétérogénéité est beaucoup plus accentuée (métal oxydable-eau; platine-hydrogène).

L'intervention, au moins partielle, de ces effets électroniques ferait mieux comprendre les variations de l'effet Volta sous des actions purement physiques (polissage, écrouissage). Une surface de zinc qu'on vient de décaper mécaniquement paraît d'ailleurs difficilement assimilable à un milieu électrolytique, et la différence de potentiel de Volta y atteint alors sa valeur maxima. Il est intéressant de remarquer que les actions catalytiques de l'eau dans l'oxydation des métaux, et du platine sur l'hydrogène, indiquent la formation de couches de pénétration particulièrement importantes, dans des cas où l'effet Volta est justement très intense.

La différence de potentiel totale V entre une électrode métallique et la solution aqueuse normale d'un de ses sels serait alors la somme d'un *effet électronique de Volta* et d'un *effet électrolytique de Nernst*. Si l'on admet que le phénomène de Volta φ représente justement l'effet électronique, on est conduit, dans les calculs relatifs aux tensions de dissolution de Nernst, à des modifications qui paraissent avantageuses.

([1]) Greinacher, *Ann. der Phys.*, t. XVI, 1905, p. 708. — De Broglie, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 696.

On peut déterminer expérimentalement, à une constante près, par des mesures différentielles, les valeurs de V (Neuman) et de φ (mesure de l'effet Volta).

	Al.	Zn.	Cu.	Sn.	Pb.	Ag.	Au.
V........	$x+1$	$x+0,52$	$x-0,5$	$x-0,09$	$x-0,1$	$x-0,9$	»
φ........	$y+1,3$	$y+0,94$	$y+0,2$	$y+0,66$	$y+0,8$	$y+0,2$	y
$v=V-\varphi$.	$z-0,3$	$z-0,42$	$z-0,7$	$z-0,75$	$z-0,9$	$z-1,1$	»

Les tensions de dissolution seraient liées non plus à V, mais à $v = V - \varphi$; on aurait en effet

$$V = \varphi + A \log \frac{p}{\varpi},$$

ou

$$\varphi = A \log \frac{p}{\varpi},$$

au lieu de

$$V = A \log \frac{P}{\varpi}.$$

Dans la pile Daniell on aurait alors

$$A \log \frac{p_1}{p_2} = v_1 - v_2 = 0,28,$$

au lieu de

$$A \log \frac{P_1}{P_2} = V_1 - V_2 = 1,02.$$

Le rapport des tensions de dissolution du zinc et du cuivre tomberait de 10^{40} à 10^{11}, valeur beaucoup moins invraisemblable.

Les valeurs absolues, d'ailleurs hypothétiques, des tensions de dissolution calculées à partir de V, en supposant très petite la différence de potentiel x entre une solution sulfurique et du mercure polarisé au maximum de tension capillaire, sont encore plus surprenantes : par exemple 10^{19} atmosphères pour le zinc. Au contraire, si nous supposons l'effet Volta y très petit sur l'or, nous aurons $z = x - y = 0$, et les valeurs, toutes négatives, de v nous donneront des tensions de dissolutions très petites pour tous les métaux; les ions du zinc seraient soumis, non à d'énormes actions répulsives, mais à des attractions assez faciles à interpréter par des forces de cohésion.

Les contrôles expérimentaux apportés par l'étude des piles de concentration, à l'appui de l'expression

$$V = A \log \frac{P}{\varpi},$$

restent d'ailleurs conformes à l'expression modifiée

$$V = \varphi + A \log \frac{p}{\varpi} \quad (^1).$$

PHYSIQUE. — *Appareil pour la distillation rapide du mercure dans le vide.* Note de M. L. Dunoyer, présentée par M. E. Bouty.

La distillation du mercure dans le vide est le procédé de beaucoup le meilleur pour obtenir le mercure pur dont on a constamment besoin dans les laboratoires de Physique ou de Chimie, et dans certaines industries comme celles des lampes à vapeur de mercure. L'appareil, dont on trouve ci-après la description sommaire, présente sur l'appareil de Mendéleeff d'assez grands avantages d'ordre pratique : débit beaucoup plus grand, garantie plus sûre de la pureté du mercure et surtout continuité de la marche sans aucune surveillance.

Il se compose d'une chambre barométrique recourbée en verre AB (*fig.* 1), d'un diamètre de 4^{cm} à 5^{cm} et de 35^{cm} à 40^{cm} de hauteur; elle se prolonge d'un côté par un tube de 10^{mm} environ qui plonge dans un petit godet C fixé à ce tube. Ce godet plonge lui-même dans un tube G solidement cimenté dans le fond d'une cuvette plate, rectangulaire, en verre, pouvant recevoir une vingtaine de kilos de mercure à distiller.

L'extrémité B du gros tube recourbé est soudée à un tube étroit (3^{mm} de diamètre intérieur au plus), de $1^{m},20$ de longueur environ ; ce tube plonge dans une sorte de tube à essai D, qui lui est fixé, et dont la paroi est percée latéralement d'un petit trou de 4^{cm} ou 5^{cm} au-dessus du fond. Le tube traverse un bouchon de caoutchouc qui ferme le flacon à robinet F ; ce bouchon est aussi traversé par le tube à robinet K.

On fait le vide à la trompe à eau par le robinet K ; le mercure à distiller monte jusqu'au niveau A. On fait alors passer le courant de chauffage et le mercure distille, dans la branche B où il tombe en pluie, les gouttes emprisonnant les bulles d'air résiduel dans le tube étroit BC, comme dans une trompe à mercure, comme aussi dans l'appareil de Mendéleeff.

L'emploi des godets C et D fixés aux extrémités du tube de distillation est avantageux, car on peut, pour nettoyer, par exemple, ou vider complètement le récipient F, enlever le tube distillatoire, avec ses godets, sans désamorcer l'appareil, les godets C et D servant momentanément de cuvettes barométriques.

(1) Une discussion plus développée sera exposée ailleurs.

Le système de chauffage consiste en un enroulement de ruban de nichrome, séparé du verre par une couche isolante protectrice, qui prévient le bris de l'appareil, dans le cas où un court circuit viendrait à se produire entre les spires. Par-dessus l'enroulement et jusqu'au haut du tube est placée une

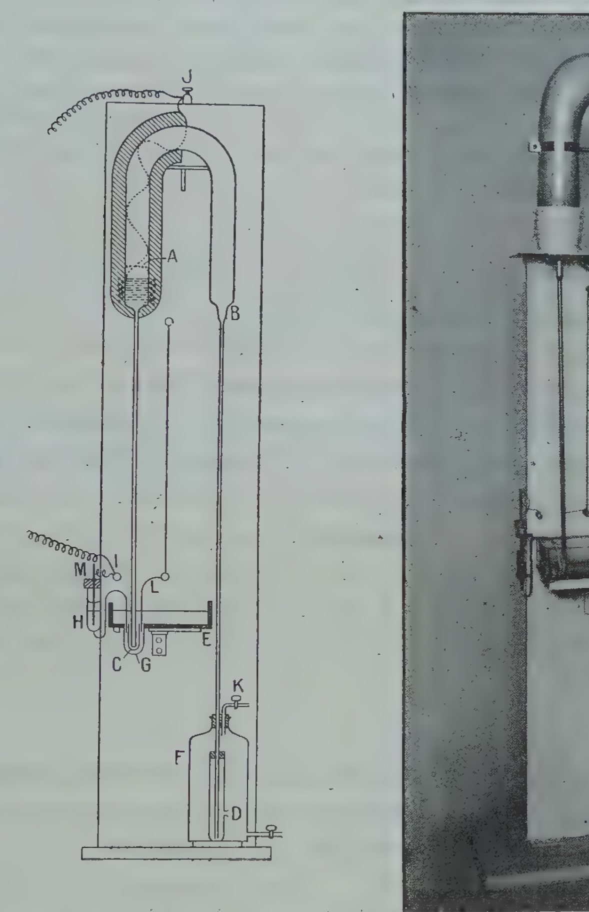


Fig. 1. Fig. 2.

protection calorifuge pour empêcher la condensation de la vapeur dans la branche même où elle s'est formée.

L'appareil comporte un dispositif simple, mais extrêmement commode, de rupture automatique du courant.

On voit en H un godet de verre soudé sur un tube en S, qui plonge dans la cuvette de mercure à distiller. Il est fermé par un bouchon de bois que traverse une électrode tubulaire en cuivre amalgamé M; cette électrode peut être enfoncée plus ou moins et fixée dans une position déterminée par une vis de pression. On introduit du mercure dans le godet H, et, par-dessus, un peu de pétrole; puis on place le bouchon et l'on exerce une légère pression d'air par l'électrode tubulaire M; le mercure passe alors

dans le tube en S et rejoint le mercure à distiller; le tube en S forme alors un siphon amorcé. Le courant de chauffage arrive à la borne I, passe par l'électrode M, le mercure du tube H et du siphon, puis un fil de nickel L qui plonge dans le mercure de la cuvette, et ensuite dans le dispositif de chauffage. Quand le niveau du mercure vient à baisser suffisamment, dans la cuvette et dans le godet H, par suite de la distillation, un ménisque de mercure finit par assurer seul le contact avec l'électrode de cuivre *amalgamé* M. Il vient un moment où ce ménisque se brise et le courant est rompu d'une manière très nette, avec une étincelle insignifiante, la distance entre l'électrode M et le niveau du mercure devenant brusquement, et à travers le pétrole, de l'ordre de 2^{mm}. On règle facilement la position qu'il faut donner à l'électrode pour que la distillation cesse quand la cuvette est vide.

Il n'y a donc pas à craindre de rentrée d'air fatale, comme le moindre oubli en produit si fréquemment avec l'appareil de Mendéleeff. Je me sers de cet appareil depuis deux ans avec pleine satisfaction.

Il y a lieu de remarquer, en passant, que le chauffage du liquide à distiller au niveau même de la surface d'évaporation permet, dans le cas où l'on veut distiller des liquides facilement décomposables, de diminuer d'une manière considérable la proportion de liquide décomposée. Chaque quantité de liquide, égale à celle autour de laquelle est concentré le dispositif de chauffage, n'est en effet chauffée que pendant le temps nécessaire à sa distillation; la masse en attente reste froide. Ce système est évidemment très supérieur à celui qui consiste à chauffer à la fois toute la masse du liquide, depuis le commencement jusqu'à la fin de la distillation. Je reviendrai ailleurs sur ce point.

OPTIQUE. — *Mesure directe des différences de phase dans un interféromètre à faisceaux inverses. Application à l'étude optique des argentures transparentes.* Note de M. G. **Sagnac**, présentée par M. Lippmann.

Il s'agit, par exemple, de mesurer la différence des phases y de deux faisceaux interférents que produit l'écoulement de l'eau dans un tube de Fizeau parcouru en sens opposé par les deux faisceaux. Dans son admirable expérience de 1851, Fizeau renversait l'écoulement de l'eau; les franges de son interféromètre se déplaçant alors de $2y$ interfranges. Est-il possible d'observer ce phénomène d'entraînement des ondes lumineuses en laissant invariable la vitesse d'écoulement de l'eau? D'une manière générale, est-il possible de mesurer une différence de phase y dans un interféromètre à faisceaux sans avoir besoin de faire varier, ni d'intervertir cette différence de phase? J'y réussis en modifiant tout simplement et rapidement le réglage de mon interféromètre à lame d'air déjà décrit (*Comptes rendus*, t. 150,

1910, p. 1676). La légère et rapide *bascule* que je fais subir au réglage renverse le déplacement de la frange centrale que produit la même différence de phase y de sens permanent, et je mesure directement la valeur de $2y$.

Cette *méthode de bascule du réglage optique* permet d'effectuer rapidement des séries de mesures, d'éliminer les défauts de stabilité de l'installation, de mesurer même les différences de phase qu'il n'est pas en notre pouvoir d'intervertir.

Description de la méthode de bascule :

Je rappelle que, dans mon interféromètre à lame d'air, un faisceau lumineux polarisé rectilignement se sépare sur une lame d'air comprise entre les bases de verre *nu* de deux prismes isoscèles semblables (séparateur S), en vibrations réfléchies R et vibrations transmises T, qui se propagent en sens opposés autour d'un même circuit optique, triangulaire ou pentagonal, et reviennent sur la lame d'air de S subir respectivement une seconde réflexion (vibrations R^2) ou une seconde transmission (vibrations T^2) pour se superposer et interférer enfin dans une lunette L.

L'interféromètre bien réglé, pour une position S_0 du séparateur, montre dans la lunette L_0 un champ d'interférence sombre uniforme, élargissement de la frange centrale. La lunette étant pointée à l'infini, rendons-la solidaire du séparateur et faisons tourner légèrement le système SL à partir de la position S_0L_0 (de préférence autour de l'axe de symétrie vertical de S). Le champ interférentiel, d'abord sombre, s'éclaire aux bords et il se forme une frange centrale sombre bordée de franges d'autant plus étroites que l'angle ε de bascule compris entre S_0L_0 et S_1L_1 est plus grand. (Le sinus de l'angle β sous lequel l'interfrange l_1 est vu du second point nodal de l'objectif de la lunette est égal à $\frac{\lambda}{4p \sin\varepsilon}$, si λ désigne la longueur d'onde et $2p$ le périmètre du circuit optique de l'interféromètre, triangle ou pentagone.) Repérons la position O_1 de la frange centrale sombre, observée aux fils du micromètre oculaire solidaire de la lunette mobile. Cela étant, faisons tourner SL de la position S_1L_1 à une position S_2L_2 *située de l'autre côté de* S_0L_0 (de préférence à peu près symétrique de S_1L_1 par rapport à S_0L_0, c'est-à-dire montrant des franges dont l'intervalle l_2 soit voisin de l_1). Soit O_2 la nouvelle position de la frange centrale sombre repérée encore au micromètre de la lunette mobile. Le déplacement O_1O_2 de la frange centrale, mesuré au micromètre et converti en interfrange, mesure la valeur de $2y$, double la différence de phase cherchée. Ou encore, pour une seule position de bascule S_1L_1, on mesure y par la distance, en interfrange, qui sépare la frange centrale O_1 et le centre géométrique, immobile dans la lunette, défini par le retard géométrique nul; ce centre géométrique se définit expérimentalement par l'image d'un réticule qui, placé dans le plan focal principal du

collimateur, s'y correspond à lui-même par autocollimation dans l'interféromètre.

Cette méthode très rapide se justifie théoriquement par de très simples considérations géométriques. Elle utilise essentiellement la transparence parfaite de la lame d'air et le fait corrélatif qui en résulte *rigoureusement* d'après la conservation de l'énergie lumineuse : au centre géométrique du champ d'interférence, en l'absence de toute cause de différence de phase étrangère aux propriétés géométriques de l'interféromètre, les vibrations interférentes R^2 et T^2 ont, pour toutes les radiations, des phases *rigoureusement* opposées.

Le contrôle expérimental de la méthode a été fait avec précision en observant que normalement l'effet de bascule $2y$ est nul, aussi exactement que permet de l'affirmer la pointe de la frange centrale étroite. Je reviendrai sur ce résultat et sur ses applications.

Application aux argentures transparentes. — A la place du double prisme à lame d'air, je dispose une glace de verre à faces planes et parallèles, recouverte sur une face d'une argenture transparente. Le dispositif ressemble à celui de M. Michelson (*voir* ma Note, t. 150, 1910, p. 1302), auquel j'applique la méthode de bascule. En l'absence de toute cause étrangère à l'interféromètre, j'observe maintenant un effet de bascule de l'ordre de $\frac{1}{10}$ ou de $\frac{2}{10}$ d'interfrange. Si l'argenture, *comparée au verre nu*, produisait une différence de phase supplémentaire d'une demi-période exactement, entre les vibrations RR′ réfléchies successivement sur ses deux faces (voir *loc. cit.*, la figure) et les vibrations T^2 deux fois transmises, l'interférence de RR′ et T^2 produirait, dans le plan focal principal de la lunette, une frange centrale brillante dont la position, dans le micromètre lié à la lunette, serait rigoureusement indépendante de la bascule. La moitié y de l'effet de bascule, mesuré en interfrange, donne, à la demi-période lumineuse près, la valeur du retard de phase, positif ou négatif, c'est-à-dire avance de phase, dû aux deux réflexions intérieure et extérieure sur l'argenture, moins le retard dû aux deux transmissions.

Voici quelques valeurs de y_1 (premier azimut de polarisation), ou de y_2 (second azimut) obtenues sous l'incidence commune de 40°, pour les trois radiations jaune (JJ′), verte (V) et indigo (I) de l'arc au mercure, avec deux argentures différentes (procédé chimique de Martin; épaisseurs mesurées par la méthode d'ioduration de Fizeau). On a noté l'*âge* de l'argenture, mesuré en jours écoulés à partir du moment où le dépôt d'argent a été fait sur le verre.

Age.	Épaisseur 17μμ. y_1(V).	λ.	y_1 (5 jours).	Épaisseur 47μμ. y_1 (11 jours).	y_2 (12 jours).
5 jours....	−0,054	JJ	−0,067	−0,114	−0,085
8 »	−0,041	V	−0,054	−0,104	−0,076
22 »	−0,026	I	+0,116	+0,022	+0,073
24 »	−0,023	»	»	»	»

La méthode de bascule perd donc une grande partie de sa simplicité et de sa précision quand on veut employer, au lieu de l'interféromètre à lame d'air, l'interféromètre à argenture transparente, lequel servira, en revanche, à l'étude des argentures par son effet de bascule permanent.

OPTIQUE. — *Sur la température des sources de lumière.* Note de MM. **H. Buisson** et **Ch. Fabry**, présentée par M. Villard.

Les opinions les plus diverses ont été émises sur la température des gaz lumineux. D'après Pringsheim, la température seule serait incapable de produire la luminosité d'un gaz. D'autres auteurs raisonnent comme si tout rayonnement était un effet purement thermique, le passage du courant électrique à travers un gaz n'agissant que comme procédé de chauffage. L'étude de la largeur des raies d'émission peut fournir des indications, sinon sur la cause du rayonnement, du moins sur la température réelle d'un gaz lumineux.

Lorsque la pression du gaz est très faible, l'effet perturbateur des chocs entre particules est négligeable, et la largeur des raies s'explique complètement par l'effet Döppler-Fizeau correspondant aux vitesses d'agitation thermique. L'étude de la largeur des raies dans le cas des gaz à faible pression illuminés par un courant électrique (tube de Geissler) montre qu'il y a concordance parfaite entre la théorie et les résultats expérimentaux en prenant pour température du gaz celle du milieu ambiant (1). La largeur des raies suit les variations de cette température, de la manière indiquée par la théorie. La largeur des raies diminue beaucoup lorsque le tube passe d'un bain d'eau à un bain d'air liquide, résultat qui serait incompréhensible si la température du gaz était, dans tous les cas, très élevée. On peut donc considérer comme établi que, dans un tube de Geissler, le gaz lumineux est à la température extérieure; son rayonnement ne peut, par suite, être considéré comme d'origine thermique.

Nous avons appliqué les mêmes considérations à l'étude de quelques autres cas.

La lampe Cooper-Hewitt donne les raies du mercure moins fines que ne

(1) *Comptes rendus*, 6 mai 1912.

les donne un tube avec faible densité de courant. Nous avons trouvé (¹) comme limite d'interférence le numéro d'ordre 400000. Si l'on voulait expliquer la largeur de ces raies par le seul effet de la vitesse d'agitation, on serait conduit à admettre une température d'environ 1200° C.

Cette température ne suffit certainement pas à expliquer le rayonnement. D'ailleurs, la valeur ainsi trouvée est un maximum ; dans la lampe Hewitt, la pression de la vapeur de mercure n'est pas négligeable, et l'effet des chocs doit intervenir pour une part appréciable dans l'élargissement des raies, ce qui conduit à admettre une température encore notablement plus basse que celle qu'on vient d'indiquer. L'existence de températures extraordinairement élevées qui a été parfois supposée dans cette lampe est inconciliable avec la théorie cinétique des gaz.

L'arc électrique entre tiges de fer, jaillissant dans une atmosphère à très faible pression, nous a donné (²) des raies de largeur 0,030 angström dans la région 5300. L'effet des chocs étant négligeable, on peut calculer la température, et l'on trouve 2400° C. Il est possible qu'à cette température le rayonnement soit, au moins en partie, d'origine thermique.

Le même arc sous la pression atmosphérique donne des raies de largeur environ double (³). Dans ce cas, la perturbation due aux chocs doit être notable, et il est impossible de calculer la température.

Dans le cas des flammes, l'effet des chocs n'est pas non plus négligeable. Une flamme peu chaude avec une faible quantité d'un sel de sodium donne des raies ayant pour largeur environ 0,08 angström. Pour comparer ce résultat avec la théorie, il faudrait pouvoir calculer la longueur du libre parcours moyen des particules lumineuses dans l'atmosphère de la flamme, On peut faire un calcul vraisemblable de la manière suivante : on supposera que le libre parcours varie en raison inverse de la densité du gaz et, par suite, pour une pression donnée, proportionnellement à la température absolue; on admettra qu'à la température ordinaire cette longueur serait de $0^{\mu},1$. On trouve alors qu'à la température absolue de 2000° la flamme devrait donner les raies du sodium avec une largeur de 0,07 angström, résultat bien voisin de celui que donne l'expérience.

Des considérations analogues sont valables pour les raies d'absorption produites par l'atmosphère solaire; toutefois, le calcul donnera, pour la largeur de la raie, un minimum qui pourra être dépassé si la quantité de

(¹) *Comptes rendus*, t. **142**, 1906, p. 785.

(²) *Journal de Physique*, 4ᵉ série, t. IX, 1910, p. 308.

(³) *Ibid.*, p. 308.

vapeur absorbante est très grande. Il est très remarquable que les largeurs des raies du spectre solaire, calculées en partant de la théorie cinétique des gaz, concordent très exactement avec les résultats de l'observation. En admettant la température absolue de 6000° pour l'atmosphère solaire, une pression de 6^{atm}, valeur obtenue par l'étude du déplacement des raies vers le rouge [1], et en faisant le calcul du libre parcours moyen des particules comme on vient de l'indiquer, on trouve que, dans la région du spectre 4400, les raies du fer doivent avoir la largeur 0,068 angström. Nous avons trouvé [2] que, dans cette même région, les raies les plus fines ont 0,070 angström de large. Le Tableau suivant donne, en angströms, les largeurs calculées pour quelques autres raies et les largeurs indiquées par Rowland.

Raie.	Corps.	λ.	Largeur calculée.	Largeur observée.
C..........	H	6563	0,90	0,96
F..........	H	4861	0,58	0,75
D..........	Na	5893	0,165	0,160 (D_1) 0,175 (D_2)
	Fe	4400	0,068	0,070

Les raies les plus larges sont, comme l'indique la théorie, celle des corps à poids atomique faible. Celles des métaux à fort poids atomique n'ont jamais été observées dans le spectre solaire; si elles y existent, on aurait des chances de les trouver parmi les raies les plus fines et par suite les plus difficiles à voir.

Seules les raies H et K du calcium sont d'une largeur incomparablement plus grande que celle qu'indiquerait la théorie, et présentent ainsi une exception remarquable.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et chaleur de formation de l'azoture de magnésium.* Note [3] de M. **Camille Matignon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Depuis Briegleb et Geuther [4], on sait que l'azote se combine directement au magnésium pour former du nitrure. Nous avons récemment, M. Lassieur et moi, précisé les conditions de cette union des deux élé-

---

(1) *Journal de Physique*, 4e série, t. IX, 1910, p. 312.

(2) *Ibid.*, p. 313.

(3) Présentée dans la séance du 13 mai 1912.

(4) *Annalen der Chem.*, t. CXXIII, 1862, p. 239.

ments ([1]). La décomposition de l'ammoniaque par la chaleur entraîne nécessairement son action sur le magnésium, comme Briegleb et Geuther l'avaient déjà reconnu par l'expérience.

Pour préparer l'azoture de magnésium pur, opération extrêmement délicate, si l'on tient compte de la sensibilité extrême du métal aux moindres traces d'oxygène ou de composés oxygénés, et de l'azoture lui-même à toute trace d'humidité, j'ai utilisé de préférence l'action du gaz ammoniac sur le magnésium.

En effet, il n'est pas difficile de préparer un gaz ammoniac liquéfié, qui soit tout à fait pur et débarrassé de toute trace d'humidité ([2]) et d'autre part, l'azoture se forme plus facilement avec l'ammoniaque qu'avec l'azote. C'est là d'ailleurs un fait général, j'ai reconnu qu'avec tous les éléments susceptibles de se combiner directement à l'azote, la formation de l'azoture est plus commode à partir de l'ammoniaque qu'à partir de l'azote.

La poudre de magnésium, qui doit être bien divisée, pour hâter l'opération, est placée dans une nacelle en nickel ou en magnésie et chauffée dans un tube parcouru par le courant gazeux provenant d'une bouteille à robinet pointeau renfermant l'ammoniaque liquide maintenue depuis longtemps au contact de la soude fondue. Le maniement de l'azoture exige des précautions particulières, car un simple transvasement dans l'air donne aussitôt une forte odeur d'ammoniaque.

Analyse. — Un poids connu d'azoture de magnésium est placé dans une enceinte fermée à côté d'une solution sulfurique étendue de volume et de titre connu, un dosage alcalimétrique permet, quand la décomposition du nitrure est totale, de connaître la quantité d'azote fixée sous forme d'ammoniaque.

Az trouvé.	Az calculé.
27,98	28,0
28,12	»

Le léger excès d'azote tient à la présence d'un peu d'aluminium dans le magnésium et, par conséquent, d'un peu d'azoture d'aluminium dans l'azoture de magnésium.

Décomposition dans le calorimètre. — L'azoture de magnésium est décomposé au sein du calorimètre par une solution sulfurique contenant $\frac{1}{4}$ molécule par litre. Des dispositifs spéciaux qui seront décrits dans un Mémoire développé, permettent d'éviter toute décomposition préliminaire et de recueillir intégralement toute la chaleur dégagée dans cette réaction brutale

$$Mg^3Az^2 + 5SO^4H^2 = 3SO^4Mg + 2SO^4HAzH^4.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 63.
([2]) MATIGNON, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. III, 1908, p. 353.

Six expériences ont donné les quantités de chaleur suivantes rapportées à une molécule-gramme d'azote, soit 28g :

	cal
	282,5
	283,1
	280,2
	275,5
	277,2
	280,0
Moyenne.......	279,7

$$Mg^3Az^2_{sol} + 5SO^4H^2_{diss} = 3SO^4Mg_{diss} + 2SO^4HAzH^4_{diss} + 279^{cal},7.$$

On en déduit, en tenant compte des chaleurs de formation des divers constituants du système, la valeur $119^{cal},7$ pour la chaleur de formation de l'azoture à partir de ses éléments pris dans leur état actuel

$$3Mg_{sol} + Az^2_{gaz} = Mg^3Az^2_{sol} + 119^{cal},7.$$

L'azote a donc pour le magnésium une affinité considérable, supérieure à celle du plomb pour l'oxygène, et qui serait comparable à celle du fer pour l'oxygène, si le magnésium et le fer n'avaient pas des volatilités très différentes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de formation de l'acroléine.* Note de M. **Œchsner de Coninck**, présentée par M. Armand Gautier.

En étudiant les réactions du formiate de sodium, j'ai constaté qu'il se produit de l'acroléine, lorsqu'on le soumet à la distillation sèche.

Du formiate de sodium, pur et bien cristallisé, a été placé dans de petites cornues et soumis à la distillation par fractions de 25g à 30g. Deux cents grammes du sel ont été employés. Les gaz et vapeurs dégagés étaient dirigés à travers une solution alcoolique de gaz ammoniac. A la fin de l'opération, l'ammoniaque alcoolique a été additionnée de 3^{vol} d'éther absolu, ce qui a amené la précipitation d'une masse jaunâtre amorphe, présentant tous les caractères de l'acroléine ammoniaque (1).

Le précipité jaunâtre a été desséché, puis soumis à la distillation sèche. Il s'est bientôt dégagé des vapeurs présentant l'odeur pyridique; et, par condensation, on a recueilli une petite quantité d'une base liquide, dont l'odeur rappelait tout à fait celle de la pyridine. Elle a été dissoute dans l'acide chlorhydrique, puis traitée par une solution de $PtCl^4$. Le chloroplatinate, jeté sur un filtre, a été lavé, essoré, puis traité par un fort excès d'eau bouillante. L'ébullition ayant été maintenue pendant un temps assez long, il s'est déposé un sel jaune clair, bien défini, insoluble dans l'eau froide, que l'analyse a identifié avec le *chloroplatinate modifié* d'une picoline :

$$\begin{matrix} C^6H^7AzCl \\ C^6H^7AzCl \end{matrix} \Big\rangle PtCl^2.$$

(1) Une certaine quantité d'acroléine-ammoniaque avait été préparée à part, afin de pouvoir comparer les propriétés.

Le sel, desséché à 100°, a été analysé :

	Théorie pour $(C^6H^7AzCl)^2PtCl^2$.	Trouvé. I.	II.
Pt pour 100	37,28	37,06	37,08
Cl pour 100	27,15	26,97	26,92

Il s'est donc formé de l'acroléine dans la distillation sèche du formiate de sodium ; elle a été transformée en acroléine-ammoniaque, et celle-ci, soumise elle-même à la distillation sèche, a fourni la picoline découverte et caractérisée par Bæyer en 1868.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la question du vert malachite hexahydrogéné; exemple de deux leucobases différentes donnant un même colorant.* Note de M. P. Lemoult, présentée par M. Jungfleisch.

La recherche du vert malachite hexahydrogéné, et par suite la connaissance des modifications produites dans la nuance d'un colorant du triphénylméthane quand on remplace un noyau phényl par un noyau cyclohexyle, a été tentée par MM. Zelinsky et Gutt (*D. chem. Ges.*, t. XL, 1907, p. 3053) qui ont obtenu le tétraméthyldiamidodiphénylcyclohexylméthane (n° I, aiguilles blanches fondant à 148°-149°) en partant de la benzaldéhyde hexahydrogénée. Ni avec PbO^2, ni avec d'autres oxydants, ce dérivé méthanique ne leur a donné de colorant, sans que cependant les auteurs en concluent définitivement à l'impossibilité d'obtenir des colorants à noyau hexahydrogéné. MM. Wahl et Meyer (*B. Soc. chim.*, 4e série, t. VII, 1910, p. 28) n'ont pas réussi davantage à préparer la base du vert malachite hexahydrogéné par le bromure de cyclohexylmagnésium et la cétone de Michler, mais il ont obtenu, conformément à leurs prévisions, son produit de déshydratation (n° II, point de fusion : 144°-145°).

```
 CH² CH²                          CH² CH²
CH²<     >CH — CH<D             CH²<     >C = C<D
                  D                              D
 CH² CH²                          CH² CH²
    I.                               II.
```

(D représente $C^6H^4Az(CH^3)^2$ fixé en para sur le carbone central).

La très grande facilité avec laquelle j'ai réussi à préparer le composé II (voir *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 962) m'a donné l'idée de le soumettre à la réduction pour arriver au composé I et pour reprendre les essais de Zelinsky et Gutt ; l'action de l'acide iodhydrique et du phosphore rouge sur II le transforme aisément en I ; la seule difficulté est qu'il se forme

des produits organiques iodés qui diminuent beaucoup le rendement en exigeant une séparation délicate; le produit obtenu est identique à celui de Zelinsky et Gutt (Analyse : C pour 100 : 81,53; H pour 100 : 9,44; Az pour 100 : 8,39. Théorie : 82,08; 9,59; 8,33.)

Bien que de composition très voisine, les deux corps I et II sont très différents :

En présence d'acide nitreux : I, pas de coloration; précipité jaune (L); II, faible coloration bleue (L).

En présence de PbO^2 (liqueur acide) : I, pas de coloration (Z et G); II, forte coloration bleue (W et M).

Ceci confirme les observations faites séparément par MM. Zelinsky et Gutt, par MM. Wahl et Meyer, et par moi-même (*loc. cit.*).

Le bioxyde de plomb en liqueur acide ne donnant rien avec le composé n° I, j'ai examiné l'action du chloranile sur lui, en opérant en milieu benzénique, pour précipiter s'il y avait lieu le colorant formé.

On constate de suite qu'il se produit une quantité très appréciable de matière colorante, contrairement à l'opinion de MM. Zelinsky et Gutt; mais, si l'on a mis, comme d'ordinaire dans les oxydations au chloranile, des quantités équivalentes de leucobase et de dérivé chloré, la production de colorant s'arrête bien avant que la quantité formée n'atteigne la quantité attendue; il reste de la leucobase, et l'addition d'une nouvelle portion de chloranile donne une nouvelle quantité de colorant; il en est ainsi jusqu'au moment où l'on a ajouté environ 3 à 4 fois la quantité initiale de chloranile. Cette consommation exagérée de dérivé chloré est tout à fait anormale, comme aussi la nuance du colorant obtenu; les analogies entre la série aliphatique et la série alicyclique laissent, en effet, supposer que la leucobase I se comportera à peu près comme une leucobase du type $CH^3 - CH\left\langle\begin{matrix} D' \\ D \end{matrix}\right.$, laquelle donne d'après M. Trillat (*Bul. Soc. chim.*, 3e série, t. XXIII, 1900, p. 18) et comme on le vérifie aisément, un colorant bleu violacé analogue à l'hydrol de Michler.

Il était alors à présumer que le colorant vert obtenu au moyen de la leucobase I n'est autre que le vert malachite lui-même, et que l'oxydation comporte deux opérations distinctes, simultanées ou non : 1° disparition des six atomes d'hydrogène supplémentaires du noyau cyclohexyle et retour au noyau phényl; 2° oxydation régulière de la leucobase du triphénylméthane ainsi reconstituée. L'isolement, et l'étude du colorant vert obtenu avec I, ont confirmé cette manière de voir.

En teinture, ce colorant s'identifie avec le vert malachite, intensité et nuance.

La comparaison des spectres d'absorption conduit au même résultat; deux solutions aqueuses, dont l'une obtenue avec ce colorant, l'autre avec le vert malachite, donnent à égales dilutions, sous la même épaisseur et avec la même lumière, des spectres d'absorption aussi identiques que possible, comme le montrent les nombres suivants (rapportés à l'échelle micrométrique du spectroscope) :

	Colorant I.	Vert malachite.
Dilution 10....	Bandes colorées de 13 à 20 et de 93 à 108	14 à 22 et 95 à 108
» 15....	» 14 à 23 » 88 à 113	15 à 24 et 87 à 112
» 20....	» 15 à 24 » 84 à 114	15 à 24 et 84 à 114

La preuve définitive de l'identité présumée est fournie par l'étude du produit de réduction du colorant dérivé de la leucobase n° I et par sa comparaison avec la leucobase du vert malachite. La réduction du colorant n° I, très facile par le zinc et l'acide chlorhydrique, donne une substance soluble dans l'alcool; ses solutions cristallisent par addition d'un germe de leucobase du vert malachite; les cristaux obtenus, à peine légèrement colorés en gris, s'oxydent régulièrement en vert en liqueur acétique par PbO^2, ce que ne fait pas la leucobase initiale n° I; de plus ces cristaux, pris seuls ou mélangés à la leucobase de vert malachite, fondent comme elle à 92°.

Il n'y a donc aucun doute : si le bioxyde de plomb n'oxyde pas la leucobase n° I qui possède un noyau cyclohexyle, le chloranile l'oxyde très bien en fournissant non pas du vert malachite hexahydrogéné, mais du vert malachite ordinaire et, par conséquent, l'oxydant enlève au noyau cyclohexylique ses six atomes d'hydrogène supplémentaires. C'est sans doute le premier exemple qui soit signalé de cette curieuse réaction, et je désire m'en réserver l'étude.

Ce travail donne également un exemple, peut-être le premier, d'un même colorant fourni par deux leucobases différentes et d'un colorant qui ne rend pas, par réduction, la leucobase dont l'oxydation l'avait engendré. Enfin, si ce travail ne démontre pas d'une manière absolue l'impossibilité d'obtenir des colorants dont au moins un noyau est cyclohexylique, il rend peu vraisemblable, dans la série étudiée, l'existence de tels colorants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des alcoolates de sodium primaires avec les alcools secondaires.* Note de M. **Marcel Guerbet**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Dans des Communications antérieures faites à l'Académie (¹) j'ai montré que les alcools primaires réagissent sur leurs propres dérivés sodés ou sur les dérivés sodés d'autres alcools primaires en donnant des alcools plus condensés, suivant l'équation

$$C^m H^{2m+1} OH + C^n H^{2n+1} ONa = C^{m+n} H^{2(m+n)+1} OH + NaOH.$$

Il en est de même pour les alcools secondaires réagissant sur les dérivés sodés d'autres alcools secondaires.

Il était donc probable qu'on pourrait condenser de même les alcools primaires avec les alcools secondaires, mais rien ne faisait prévoir comment se ferait la condensation.

Nous allons voir qu'elle se réalise aux dépens du groupement fonctionnel de l'alcool primaire et que les alcools obtenus sont secondaires. Par exemple, l'alcool isoamylique $(CH^3)^2 = CH - CH^2 - CH^2OH$ se condense avec l'alcool isopropylique $CH^3 - CHOH - CH^3$ en donnant naissance au méthylisohexylcarbinol

$$CH^3 - CHOH - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH = (CH^3)^2.$$

De même, l'alcool propylique $CH^3 - CH^2 - CH^2OH$ et l'alcool caprylique $CH^3 - (CH^2)^5 - CHOH - CH^3$ donnent, par leur condensation, le propyl-3-octanol-2 $CH^3 - (CH^2)^4 - CH(C^3H^7) - CHOH - CH^3$.

Comme dans la condensation des alcools primaires entre eux ou des alcools secondaires entre eux, l'enchaînement des deux molécules réagissantes se fait par l'atome de carbone voisin du groupement fonctionnel.

La condensation de l'alcool isoamylique sodé avec l'alcool isopropylique se réalise en chauffant à 220°-230° une série de tubes scellés préparés chacun en faisant dissoudre 2^g de sodium dans un mélange de 12^{cm^3} d'alcool isopropylique et 14^{cm^3} d'alcool isoamylique.

A l'ouverture des tubes, il se dégage de l'hydrogène. On reprend leur contenu par le moins d'eau possible et l'on obtient un mélange, qui se sépare en deux couches. La couche supérieure est séparée et chauffée à reflux pendant une demi-heure pour saponifier les éthers qu'elle renferme; puis elle est distillée pour séparer la plus grande partie de l'alcool isopropylique qui n'a pas réagi. Le résidu de la distillation est saturé

(¹) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7ᵉ série, t. XXVII, p. 67, et *Comptes rendus*, t. 149, p. 129, et t. 150, p. 183 et 979.

presque complètement par de l'acide chlorhydrique, puis on achève la saturation en y faisant passer un courant d'acide carbonique. Le mélange se sépare en deux couches. On décante la couche supérieure, qui contient les alcools; on la lave à l'eau; on la dessèche sur le carbonate de potasse; enfin, on la soumet à une série de distillations fractionnées. Avec 180^{cm^3} d'alcool isopropylique et 210^{cm^3} d'alcool isoamylique, on obtient ainsi 68^g d'un alcool qui est le méthylisohexylcarbinol,

$$(CH^3)^2 = CH - (CH^2)^3 - CHOH - CH^3,$$

comme nous allons le voir.

Cet alcool est un liquide incolore, d'odeur agréable, bouillant à 172°-173°.

Sa densité à 0° est 0,8329.

Il répond à la formule $C^8H^{18}O$.

Chauffé à 230° avec la potasse caustique, il dégage beaucoup d'hydrogène et donne naissance à une petite proportion d'acides en même temps qu'il se forme un alcool deux fois plus condensé, bouillant à 160°-165° sous 15^{mm} de pression et répondant à la formule $C^{16}H^{34}O$. Ce sont là, comme je l'ai montré (1), les propriétés d'un alcool secondaire. D'ailleurs, sa vitesse d'éthérification, 18,8, vient encore confirmer cette hypothèse.

Les acides, formés dans cette action de la potasse sur l'alcool $C^8H^{18}O$, sont, d'une part, l'acide formique et, d'autre part, un acide dont le sel de baryum a pour formule $(C^7H^{13}O^2)^2Ba$.

Oxydé par le mélange chromique, l'alcool $C^8H^{18}O$ fournit une acétone de formule $C^8H^{16}O$, qui est liquide, incolore, d'odeur agréable et bout à 170°-171°. Elle se combine au bisulfite de sodium en donnant un composé cristallin. Oxydée par le mélange chromique, elle produit de l'acide acétique et un acide de formule $C^6H^{12}O^2$, que le point de fusion de son amide, 119°-120°, identifie avec l'acide isobutylacétique

$$(CH^3)^2 = CH - CH^2 - CH^2 - CO^2H.$$

L'acétone $C^8H^{16}O$ est donc identique à l'isoamylacétone

$$(CH^3)^2 = CH - CH^2 - CH^2 - CH^2 - CO - CH^3$$

obtenue par Combes (2).

La condensation de l'alcool propylique sodé avec l'alcool caprylique se réalise, comme il a été dit plus haut, pour les alcools isopropylique et isoamylique.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 722 et 713.

(2) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. XII, p. 249.

L'alcool résultant de la réaction est le propyl-3-octanol-2

$$CH^3 - (CH^2)^4 - \underset{\displaystyle CH^2 - CH^2 - CH^3.}{CH} - CHOH - CH^3.$$

Il répond à la formule $C^{11}H^{24}O$. Sa densité à 17° est 0,831. C'est un liquide huileux, d'odeur assez désagréable. Refroidi dans la glace, il cristallise et ne fond plus qu'à + 5°. Il bout à 234°-235°. Son éther acétique $C^{11}H^{23}C^2H^3O^2$ bout à 246°-248°.

Chauffé à 230° avec la potasse caustique en excès, il se comporte comme un alcool secondaire ayant un groupement méthyle directement uni au groupement fonctionnel. Les produits de la réaction sont, en effet, de l'hydrogène, un alcool plus condensé et bouillant avec décomposition au-dessus de 300° et une petite proportion des acides formique et décylique. Sa vitesse d'éthérification est 16,4.

L'acétone correspondante $C^{11}H^{22}O$ est un liquide incolore bouillant à 230°-231°, de densité 0,8405 à 0°. Elle se combine au bisulfite de sodium. Oxydée par le mélange chromique, elle donne de l'acide acétique ainsi qu'une acétone de formule $C^9H^{18}O$, qui bout à 187°-188° et dont la constitution ne peut être que celle de la propylamylcétone

$$C^5H^{11} - CO - C^3H^7.$$

L'acétone $C^{11}H^{22}O$ est donc la propyl-3-octanone-2

$$CH^3 - (CH^2)^4 - CH(C^3H^7) - CO - CH^3.$$

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'agitation interne des cristaux liquides.* Note de M. **Ch. Mauguin**, présentée par M. Fred Wallerant.

Les cristaux liquides les plus simples s'obtiennent en faisant fondre en couches de quelques centièmes de millimètre, entre un porte-objet et un couvre-objet très propres, certaines substances telles que l'*azoxyanisol*, l'*acide méthoxycinnamique*, l'*anisal-aminocinnamate d'éthyle*, l'*éthoxybenzal-aminocinnamate d'éthyle α-méthylé*, etc. Les lames liquides, qui résultent de cette fusion, se comportent comme des cristaux uniaxes dont l'axe serait perpendiculaire aux surfaces du verre, et montrent au microscope polarisant (lumière convergente) la croix noire et les anneaux colorés bien connus.

En lumière parallèle, entre nicols croisés, avec une source assez faible (bec Auer), ces lames paraissent éteintes. Si on les éclaire très vivement avec un arc électrique, on constate que l'extinction est loin d'être complète. Les préparations, observées avec un grossissement d'une centaine d'unités,

prennent alors un aspect des plus singuliers : la lame liquide se résout en un pointillé de petites taches noires et blanches (diamètre de l'ordre du centième de millimètre) *animées d'un fourmillement rapide et incessant*, étrange dans un milieu qui montre par ailleurs des caractères cristallins si nets. L'éclairage à arc n'est pour rien dans la production de ce fourmillement, car on arrive avec un peu d'entraînement à l'apercevoir à la simple lumière diffuse du jour, au moins dans les préparations épaisses.

L'agitation persiste aussi longtemps que la substance étudiée est dans la phase liquide anisotrope. Dans le cas du dernier corps cité, cette phase peut s'observer dans un intervalle de 50° (75° à 125°); on constate très nettement que *l'intensité de l'agitation s'accroît lorsque la température s'élève.* Tous les mouvements cessent brusquement d'être visibles lorsqu'on atteint la température où le fluide devient isotrope ; ils réapparaissent par refroidissement.

Le fourmillement du liquide est tout à fait désordonné, et ne saurait, par conséquent, être attribué à des courants de convection à l'intérieur de la préparation. L'allure générale du phénomène est tout à fait celle du mouvement brownien des suspensions colloïdales riches en granules. Pourtant il ne paraît pas y avoir de grains dans le liquide biréfringent; du moins l'observation faite suivant les procédés ordinaires n'en montre pas. Avec l'éclairage ultra-microscopique (dispositif de MM. Cotton et Mouton), on n'observe qu'une diffusion uniforme de lumière.

Une explication complète du phénomène me paraît encore prématurée; mais il me semble qu'on peut provisoirement l'interpréter en admettant que les éléments anisotropes constituant le liquide, sensiblement parallèles entre eux, sont animés autour de leur position moyenne d'oscillations plus ou moins désordonnées au cours desquelles ils s'associent en groupements temporaires où l'axe optique est tantôt normal (taches sombres), tantôt incliné (taches claires) sur les lames de verre.

Cette interprétation reçoit un commencement de confirmation par l'étude du phénomène dans un champ magnétique. J'ai montré antérieurement [1] qu'un champ de quelques milliers d'unités impose à l'azoxyanisol fondu une orientation déterminée : axe optique parallèle aux lignes de force. Les autres corps s'orientent de même, comme j'ai pu le constater depuis. Un champ *normal aux lames de verre* tendra donc nécessairement à entraver les oscillations auxquelles il était fait allusion plus haut. On constate effectivement que *le fourmillement disparaît dans un champ magnétique de quelques*

(1) *Comptes rendus*, t. **152**, p. 1680.

milliers d'unités (ou tout au moins s'atténue assez pour n'être plus visible, les conditions d'éclairement restant les mêmes). L'agitation se manifeste à nouveau avec son aspect primitif dès qu'on supprime le champ.

L'*éthoxybenzal-aminocinnamate d'éthyle α-méthylé* mérite une mention spéciale. Ce corps possède deux phases cristallines liquides (¹). Au-dessus de 75° (jusqu'à 125°) il est relativement fluide et présente toutes les apparences qui viennent d'être décrites : fourmillement intense, diffusion de la lumière à l'ultramicroscope, orientation par le champ magnétique. La phase observable au-dessous de 75°, notablement plus visqueuse, s'oriente très énergiquement sous l'action du verre (on peut pousser le couvre-objet sans troubler les phénomènes en lumière convergente); elle est absolument limpide et ne diffuse pas de lumière à l'ultramicroscope (²). Le champ magnétique est sans action sur elle. *Elle ne montre pas de fourmillement*. Certainement cette phase, quoique liquide encore, est beaucoup plus près que l'autre des milieux cristallins solides.

ANTHROPOLOGIE. — *L'ostéo-arthrite déformante à l'époque de la Pierre polie*. Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Lucas-Championnière.

Dans la sépulture néolithique de Vendrest (Seine-et-Marne), que j'ai fouillée pour la *Société préhistorique française*, j'ai trouvé des ossements humains, correspondant à des adultes âgés et présentant les lésions caractéristiques de la maladie appelée aujourd'hui *ostéo-arthrite déformante*.

J'ai noté, comme os manifestement atteints : vingt-neuf vertèbres, plus ou moins bien conservées; une rotule; deux côtes; une extrémité inférieure de péroné; un troisième métatarsien droit; et au moins cinq première, deuxième et troisième phalanges.

C'est la colonne vertébrale qui a fourni le plus grand nombre d'os malades, paraissant se rapporter à une quinzaine de sujets au moins, pour la centaine de squelettes d'adultes retirés de cet ossuaire. Avec un aussi grand nombre de pièces, il est légitime de tenter une étude systématique de la localisation de l'affection à la colonne vertébrale qui a reçu le nom de *spondylite déformante chronique*.

Mes vingt-neuf pièces se décomposent ainsi : *onze* vertèbres cervicales;

(¹) W. Kasten, *Dissertation*, Halle, 1909.

(²) Vorländer, *Ber. d. d. chem. Ges.*, t. XLI, 1908, p. 2033.

neuf vertèbres dorsales et *neuf* vertèbres lombaires. Leur examen permet les conclusions suivantes.

La maladie est presque aussi fréquente aux reins et aux lombes qu'au cou, chez la femme que chez l'homme.

Chez les femmes, la lésion est manifestement localisée au *centre* de la colonne *cervicale* (4e et 5e vertèbres d'ordinaire); et elle siège plus souvent à *gauche* qu'à droite : fait tout à fait imprévu.

Chez les hommes, la maladie ne s'observe guère, au contraire, qu'à la *base* de la colonne *dorsale* (11e et 12e vertèbres ou vertèbres à fausses côtes), et au *centre* de la colonne *lombaire* (3e et 4e vertèbres). Presque toujours, elle siège à *droite*, c'est-à-dire du côté opposé à ce qu'on note pour le cou : constatation non moins curieuse.

Il est assez aisé d'ailleurs d'expliquer ces localisations très différentes (inconnues jusqu'à présent dans leurs détails, même pour l'époque moderne), en s'en tenant à la seule physiologie pathologique de l'affection, qui permet aussi de se rendre compte de la nature différente des lésions suivant leur siège.

Au cou, et chez la femme surtout, l'ostéo-arthrite est surtout marquée au niveau des *apophyses articulaires*, supérieure et inférieure, des vertèbres (elle est toujours intense au niveau des corps); et cette manifestation peut aller jusqu'à la soudure de deux vertèbres successives, accompagnée de saillies ostéophytiques et d'hypertrophie osseuse, c'est-à-dire à l'*ankylose* vertébrale vraie et complète (un cas).

Au niveau des reins (base du dos) et au centre des lombes, au contraire, les apophyses articulaires ne sont jamais frappées ; elles restent indemnes, avec une maladie très accentuée. Là, la lésion est localisée au *corps vertébral;* elle se manifeste sous forme d'ostéophytes, plus ou moins considérables, en bordure des faces articulaires, ou de raréfaction, parfois énorme, du tissu osseux, avec ou sans production de lamelles osseuses, dans les ligaments vertébraux postérieurs, au-dessus et au-dessous de l'arc postérieur, entre les apophyses articulaires.

Ces faits anatomo-pathologiques, qui n'avaient jamais été signalés ni en tout cas classés de la sorte, même pour les pièces de l'époque actuelle, méritent la plus grande attention. Ils montrent quel rôle joue la physiologie normale de la colonne vertébrale dans la distribution et dans la forme des manifestations osseuses, caractérisant la spondylite déformante chronique, qui a pour point de départ et les articulations proprement dites et les ligaments unissant les vertèbres.

Cette variété d'*ostéoarthrite chronique*, qui se généralise plus ou moins, est de beaucoup *la plus ancienne* de toutes les maladies connues. En effet on a constaté son existence chez des animaux vivant à l'état sauvage et n'ayant jamais été domestiqués, par exemple chez le grand ours des

cavernes (*Ursus spelæus*) au début même du Quaternaire ancien, dans la caverne de l'Herm (Ariège), où des silex taillés de l'époque *acheuléenne* ont été reconnus. Il était donc intéressant sinon de la dépister à l'âge de la *Pierre polie* (car on la connaissait déjà depuis longtemps pour cette période), du moins d'en étudier à fond la forme la plus importante, en attendant qu'on puisse retrouver cette affection sur des squelettes humains de l'âge de la *Pierre taillée* (Quaternaire moyen).

D'ailleurs cette maladie a été découverte récemment en Égypte sur les animaux domestiques et chez l'Homme de l'époque préhistorique. Il y a donc là un vaste et intéressant champ de recherches pour la Pathologie comparée et les maladies des premiers âges de l'Humanité.

PHYSIOLOGIE. — *Anaphylaxie et immunité*. Note de M. **Maurice Arthus**, présentée par M. Dastre.

L'injection répétée de sérum de cheval ou, en général, d'un liquide albumineux dans l'organisme du lapin, crée chez lui un état de sensibilité spéciale, dit *anaphylaxie*. L'injection répétée de toxine dans l'organisme du lapin crée chez lui un état d'insensibilité spéciale dite *immunité*. Ces deux états inverses ne sont pas toutefois, comme on pourrait le croire, incompatibles.

Si l'on injecte sous la peau de l'abdomen d'un lapin 2^{cm^3} d'une solution de venin de cobra à $\frac{1}{10000}$, l'animal survit sans présenter d'accidents généraux ou locaux (l'injection se résorbe en quelques heures). Si l'on répète l'injection cinq à huit fois de 4 en 4 jours, à la même dose, on remarque que les injections tardives ne sont plus rapidement résorbées : il se produit à leur niveau de l'œdème, des infiltrations caséeuses, des nécroses, et ces lésions ressemblent, à s'y méprendre, aux lésions de la séro-anaphylaxie. Le lapin a été anaphylactisé par les injections répétées de venin de cobra. Cette conclusion est justifiée par les faits suivants. Si l'on injecte dans les veines d'un lapin neuf 2^{cm^3} d'une solution de venin de cobra à $\frac{1}{1000}$, il se produit presque aussitôt après l'injection une chute légère (1^{cm} à 2^{cm}) de la pression carotidienne, une diminution de la coagulabilité du sang, et parfois, mais non pas toujours, une faible accélération respiratoire (le rythme passant de 60 à 75 par ex.). Si l'on injecte, dans les veines d'un lapin préparé, le même volume de la même solution de venin, il se produit presque aussitôt après une chute énorme de la pression (elle passe de 10^{cm} à 3^{cm} par ex.), une diminution considérable de la coagulabilité du sang, et une telle accélération de

la respiration qu'elle devient, en général, polypnéique (le rythme passant de 60 à 300 par ex.). Le lapin a donc bien été anaphylactisé par les injections répétées de venin de cobra.

Mais le lapin neuf, qui, à la suite de l'injection intraveineuse de 2^{mg} de venin de cobra, a présenté une réaction primaire très modérée, meurt en 20-25 minutes, victime de la curarisation cobraïque; tandis que le lapin préparé, qui, à la suite de la même injection intraveineuse, a présenté une réaction primaire très considérable, survit sans parésie ou dyspnée, supportant, sans en souffrir autrement que par une réaction primaire exagérée, une dose de venin de cobra rapidement mortelle pour le lapin neuf. Le lapin a donc été immunisé par les injections répétées de venin de cobra.

Il convient de noter qu'il y a anaphylaxie pour les accidents primaires ou d'intoxication protéique et immunité pour les accidents secondaires ou de curarisation. En faut-il conclure que le venin de cobra contient deux substances toxiques distinctes, une protéine toxique et une curarine, agissant indépendamment l'une de l'autre dans l'organisme? Peut-être. Mais il se pourrait aussi qu'une seule substance toxique existât dans le venin de cobra, capable de manifester sa toxicité par les divers phénomènes déjà notés. Voici, sur cette question, une simple indication : si l'on ajoute à une même dose de venin de cobra des quantités croissantes de sérum anticobraïque, de façon à réaliser une série dont les premiers termes sont encore toxiques pour le lapin et dont les derniers ne le sont plus, on constate, en injectant ces mélanges dans les veines de lapins, que les deux propriétés, protéotoxique et curarisante, persistent toutes deux ou disparaissent toutes deux en même temps, comme si elles appartenaient à une seule et même substance. Sans doute, on pourra dire que le sérum anticobraïque contient deux antitoxines correspondant aux deux toxines; mais il serait surprenant qu'il les contînt en quantités correspondant exactement aux quantités des deux toxines dans le venin. Il est donc au moins possible que le venin de cobra ne renferme qu'une seule substance toxique capable d'engendrer dans un organisme qu'elle a modifié, à la fois l'état d'anaphylaxie pour ses propriétés protéotoxiques et l'état d'immunité pour ses propriétés curarisantes.

L'état d'anaphylaxie-immunité déterminé chez le lapin par injections répétées de venin de cobra a pour conséquence de modifier profondément la symptomatologie de la cobraïsation. Si l'on injecte dans les veines du lapin préparé 2^{mg} de venin de cobra, on ne provoque que des accidents d'intoxication protéique, sans manifestations curariques, et la symptoma-

tologie diffère du tout au tout de la symptomatologie cobraïque, pour rappeler rigoureusement la symptomatologie de l'intoxication par le venin de *Crotalus adamanteus*.

L'état d'anaphylaxie engendré par les injections répétées de venins chez le lapin modifie de même la symptomatologie des intoxications par les venins coagulants. Injecté à dose de 1^{mg} dans les veines du lapin, le venin de *Vipera Russellii* provoque la mort foudroyante par thrombose veineuse; injecté à la même dose dans les veines d'un lapin préparé par injections sous-cutanées répétées du même venin, il détermine les divers phénomènes de l'intoxication protéique, c'est-à-dire les phénomènes de l'intoxication par le venin de *Crotalus adamanteus*, type des venins anticoagulants *in vivo*. On obtient les mêmes résultats en substituant pour la préparation des animaux et pour leur intoxication le venin de *Crotalus terrificus* au venin de *Vipera Russellii*, de sorte que, dans ces conditions, les deux venins en apparence si différents des deux crotales se comportent de façon absolument identique. On peut admettre que, sous l'influence de la préparation, telle qu'elle a été réalisée, le foie acquiert la propriété de produire plus rapidement ou plus abondamment la substance anticoagulante apte à neutraliser les effets du fibrin-ferment contenu dans le venin de *Crotalus terrificus* ou produit par les leucocytes sous l'influence du venin de *Vipera Russellii*.

Notons que, chez le lapin, cette modification des caractères de l'envenimation n'est pas spécifique, comme les réactions d'anaphylaxie ne sont pas spécifiques chez le lapin. Si l'on injecte dans les veines du lapin préparé à l'aide du venin de *Crotalus terrificus* du venin de *Vipera Russellii*, on provoque l'incoagulabilité du sang, comme on l'aurait provoquée chez un lapin préparé à l'aide de venin de *Vipera Russellii*.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les fonctions du pigment*. Note de M. **Jousset de Bellesme**, présentée par M. Henneguy.

L'obscurité qui existe relativement au rôle que joue le pigment dans l'organisme nous a engagé à mettre en relief certains rapports constants qui existent entre l'élimination de ce produit par la peau et l'activité des organes reproducteurs.

Dans aucun groupe du régime animal, ces relations ne sont plus marquées que chez les Poissons, aussi les changements de coloration de ces animaux au moment du frai

ont-ils été remarqués très anciennement. Ces modifications ne sont pas spéciales à ce groupe de Vertébrés. On les observe aussi chez les Oiseaux et les Reptiles.

Chez les Mammifères, la pigmentation de la peau pendant les périodes d'activité des organes reproducteurs est moins visible à cause du revêtement pileux; néanmoins chez les Antilopes et les Macaques les parties nues de la peau se colorent au moment du rut. Enfin on retrouve des traces de ce rapport jusque dans l'espèce humaine puisque, pendant la gestation, certaines parties de la peau comme l'aréole du mamelon, la ligne blanche de l'abdomen et la peau de la face sont le siège d'une pigmentation très nette. On s'explique que ces différences ne s'observent pas dans le sexe masculin qui a le privilège, dès l'âge adulte, d'être constamment en puissance reproductrice, les époques de rut n'existant pas chez lui comme chez les autres Mammifères. Il est digne de remarque, pourtant, qu'aux époques de la vie où la fonction reproductrice est nulle ou sensiblement atténuée, comme dans l'enfance ou la vieillesse, on observe aussi la décoloration du poil et un éclaircissement notable du tégument. Tout le monde a remarqué le teint blafard qui caractérise les vieillards et les eunuques, et la blancheur de la peau chez les enfants.

Il nous paraît donc incontestable qu'il existe une relation étroite entre le fonctionnement de l'appareil reproducteur et la fonction de pigmentation. Pouvons-nous nous demander maintenant quelle est la signification de ce rapport? et comment la fonction pigmentaire s'exalte avec autant de constance sous l'influence d'une cause identique et bien déterminée? Si la nature et les fonctions du pigment nous étaient mieux connues, il nous serait plus facile de nous faire une idée exacte des causes de son apparition dans la peau et d'expliquer pourquoi il s'y développe à un moment donné. Nous en sommes donc réduits aux hypothèses. Toutefois, nous devons remarquer que la peau est essentiellement un organe d'élimination, et cette constatation nous amène à penser que, si le pigment y apparaît au moment du frai, il y vient pour être éliminé.

Ce qui est certain, c'est que, après avoir fait son apparition dans la peau, il disparaît. Est-il résorbé, c'est peu probable. Il est plus rationnel de penser que le pigment appartient à la catégorie des déchets organiques, et qu'après s'être rendu dans la peau, il est rejeté au dehors.

Mais pourquoi est-ce au moment où le fonctionnement reproducteur apparaît que cette élimination pigmentaire subit un aussi notable accroissement?

Bien que la nature du pigment soit peu connue, on sait que le fer entre dans sa composition chimique pour une assez forte proportion. Or, un autre élément organique très actif contient aussi une notable proportion de fer, c'est l'hémoglobine.

Le pigment serait-il un des produits de désassimilation de l'hémoglobine,

la chose est très possible. La maturation des produits sexuels entraînant une activité plus grande de la circulation, une consommation plus intense d'oxygène et nécessitant par conséquent une plus grande consommation de globules rouges, les déchets d'hémoglobine doivent être plus abondants à cette époque de la vie de l'animal et, par conséquent, l'élimination du fer qui entre dans leur composition, plus active. Ce fer s'éliminerait sous la forme de pigment.

Ce qui appuie cette hypothèse, c'est que cette élimination du pigment se fait plus spécialement sur les parties notablement vasculaires comme la peau, les tissus érectiles, le placenta, où abondent les globules rouges.

Bien que le pigment soit abondant chez les Invertébrés, il paraît être dans les tissus, à poste fixe, car nous n'y observons pas de colorations anormales au moment de la reproduction. On ne voit pas que les femelles des Crustacés aient, à l'époque de la gestation, d'autres colorations qu'en temps ordinaire. Il en est de même chez la plupart des Insectes. Le Papillon qui sort de la chrysalide n'est pas plus coloré, ni d'une autre façon qu'au moment de l'accouplement et de la ponte.

Toutes ces considérations nous portent à considérer les colorations pigmentaires qui accompagnent l'évolution génitale comme le résultat de l'élimination des déchets des globules rouges du sang, élimination rendue plus active qu'à l'état normal par la surabondance d'oxygénation nécessaire pour l'accomplissement de la fonction reproductrice.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La rétine ne contient pas les principes chimiques du nerf optique.* Note de M. **N.-A. Barbieri**, présentée par M. Armand Gautier.

Deux mille cinq cents yeux de bœuf ont fourni 1150^g de rétine fraîche. 200^g de cette rétine ont servi à étudier la méthode d'analyse; 150^g ont été séchés à 110° pour déterminer l'eau et le résidu sec : 800^g ont été employés pour l'étude chimique.

Dans les abattoirs de Paris, les bœufs sont tués par abatage ou par saignée. Les rétines des bœufs tués par abatage peuvent parfois présenter une couleur rougeâtre, mais cette couleur disparaît si les rétines sont traitées par l'acide acétique à 0,50 pour 100. Les rétines des bœufs tués par saignée sont toujours décolorées, mais elles peuvent prendre une couleur pourpre si elles sont triturées avec du sang. Les rétines de cheval, presque dépour-

vues de vaisseaux sanguins sont toujours blanches. Il en est de même des rétines de porc et de mouton tués aussi par saignée.

La couleur pourpre rétinienne paraît donc donnée par le sang extravasé. Je n'ai pas trouvé trace de la prétendue rhodopsine.

La rétine est d'une part accolée à l'humeur vitrée (absence de la membrane hyaloïde) qui se liquéfie par battage et peut passer alors à travers les filtres, et d'autre part à la choroïde. La face interne de celle-ci se divise en deux parties (cheval), l'une noire et l'autre irisée (tapetum). Cette irisation disparaît si l'on enlève doucement l'épithélium qui recouvre cette partie de la choroïde dont les assises cellulaires sont d'une épaisseur inégale.

Étude chimique. — 800g de rétine fraîche (eau, 91 pour 100) sont mis en digestion à froid pendant 3 mois dans 2 litres de sulfure de carbone pur et neutre. Il se forme bientôt trois couches : l'une inférieure (*a*) sulfocarbonée à peine colorée, l'autre supérieure (*b*) aqueuse, et une couche semi-solide (*c*) intermédiaire. On filtre; on sépare la couche (*a*) de la couche (*b*). La couche semi-solide (*c*), restée sur le filtre après extraction du sulfure par succion à la trompe, est épuisée à l'eau distillée qui donne une deuxième partie aqueuse (*d*).

Le résidu de (*c*), insoluble dans l'eau, est ensuite épuisé à chaud par l'alcool fort. Après filtration, on a une partie alcoolique (*e*) et un résidu insoluble (*f*). On fractionne donc ainsi la rétine en 5 parties qui, rapportées à 1000g de rétine fraîche, répondent aux poids suivants :

I.	Partie *a* sulfocarbonée.	Résidu sec......	10g
II.	» *b* ou aqueuse.	Résidu sec......	12,40
III.	» *d* ou aqueuse de lavage.	Résidu sec......	3
IV.	» *e* ou alcoolique.	Résidu sec......	3,60
V.	» *f* résidu insoluble dans les dissolvants...		61
	Eau par différence..............................		910
			1000

I. *Étude de la partie* (*a*). — On distille le CS^2, et l'on a un résidu de 8g presque liquide qui contient de la cholestérine fusible à 145° et qui se colore en rouge par le H^2SO^4, le reste est une huile colorée. *La cérébroïne en est complètement absente* (1).

II. *Étude de la partie* (*b*). — Cette partie contient deux albumines dont l'une coagule à 70° et l'autre à 75°. Ces albumines précipitent par la liqueur d'Esbach et

(1) *Comptes rendus*, 5 juin 1905. — Barbieri, *La composition chimique du neuroplasma* (*Siebenter internationaler Physiologen-Kongress*, Heidelberg, 1907); *The chemical composition of Nervous System* (*Seventh Internationaler Congress of Applied Chemistry*, London, 1909 : *Physiological Chemistry and Pharmacology*, Section IV, A.2, p. 61-67); *Sur la composition chimique du tissu nerveux* (*VIII. Internationaler Physiologen-Kongress*, Wien, 1910).

par le sulfate d'ammoniaque en poudre. On les sépare par coagulation fractionnée. Le résidu débarrassé, par filtration, de ces deux albumines contient du sel marin, des phosphates et des principes azotés que je n'ai pas encore entièrement examinés.

III. *Étude de la partie* (*d*). — Cette partie contient les mêmes principes que la partie II, mais en très faible quantité.

IV. *Étude de la partie* (*e*). — On distille l'alcool et l'on a un résidu pesant 3g. Ce résidu est complètement soluble dans l'éther. La solution éthérée laisse déposer 0g,32 d'un principe blanc, fusible à 156°, mais qui est complètement soluble dans le chloroforme. *La cérébrine en est complètement absente.* Après avoir éliminé ce corps blanc, il reste de l'huile et de la cholestérine.

V. *Étude de la partie* (*f*). — Le résidu insoluble ne présente aucun caractère qui puisse le rapprocher du tissu nerveux. Il ne contient ni cérébroïne ni cérébrine.

De l'absence complète de ces deux substances et de la différence des albumines je conclus que la rétine ne contient pas les éléments chimiques principaux qui caractérisent le système nerveux central ou périphérique.

Ces résultats sont entièrement opposés aux idées classiques sur la nature de la rétine et à celles dont je suis moi-même parti lorsque j'ai voulu isoler de la rétine les principes de la substance blanche nerveuse, puisque la rétine jusqu'à aujourd'hui a été considérée comme un épanouissement du nerf optique.

Microchimie. — La rétine se colore facilement par les matières colorantes; elle se colore à peine en noir par l'acide osmique; elle est presque complètement soluble à chaud dans l'acide acétique; elle forme une gelée avec l'ammoniaque.

Le neuroplasme frais des nerfs optiques [1] ne se colore pas par les matières colorantes, il se colore vivement en noir par l'acide osmique, il est complètement insoluble à chaud dans l'acide acétique, il ne forme pas de gelée avec l'ammoniaque. Deux nerfs optiques de bœuf (10g environ), bouillis avec l'alcool mêlé de quelques gouttes de chloroforme, donnent 0g,08 d'un mélange de cérébroïne et de cérébrine. 100g de rétine fraîche de bœuf, traités dans les mêmes conditions, ne donnent pas trace de ces substances.

---

(1) *Comptes rendus*, 8 mai 1911.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Métabolisme de l'acide oxalique et des oxalates dans l'économie.* Note [1] de M. **J.-M. Albahary**, présentée par M. Armand Gautier.

Il nous a paru intéressant de savoir comment se comportent l'acide oxalique et les oxalates dans les différents milieux de l'organisme. Ces corps y sont-ils détruits? A cet effet, nous en avons soumis une quantité exactement pesée à l'action du suc gastrique (pepsine + HCl); dans une seconde expérience, nous avons étudié l'action du suc intestinal (suc pancréatique + bile). Enfin, pour nous rendre compte de ce que deviennent l'acide oxalique, et les oxalates en général, lorsqu'ils ont pénétré dans la circulation, nous avons cherché si ces substances subissaient quelques modifications pendant leur séjour dans le sang et dans les glandes qu'il traverse.

I. 1° Dans une solution de pepsine (titre = 250) additionnée d'acide chlorhydrique à 4 pour 100, nous avons ajouté $0^{g},300$ d'acide oxalique pur. Le volume du mélange est amené à 300^{cm^3} de façon que l'acide oxalique s'y trouve dans la proportion de 1 pour 1000. Le tout est soumis pendant 12 heures à la digestion artificielle à 38° C. Un tube de Mett ayant séjourné pendant ce temps dans le mélange est digéré à la hauteur de 2^{mm}, comme dans le flacon témoin. L'analyse de l'acide oxalique à la fin de cette expérience décèle $0^{g},288$ [2]. Il y aurait, par conséquent, $0^{g},012$ d'acide oxalique disparu dans cette expérience.

2° Sur $1^{g},500$ d'acide oxalique dissous dans la proportion de 5 pour 100 dans un mélange digestif, on retrouve $1^{g},496$ d'acide oxalique. Tube de Mett = 3^{mm}.

3° Sur 3^{g} d'acide oxalique dissous dans la proportion de 10 pour 100, dans la liqueur digestive, on retrouve $2^{g},982$ d'acide oxalique. Tube de Mett = 2^{mm}.

Dans une deuxième expérience, nous avons soumis un sel neutre, l'oxalate de soude, aux mêmes agents digestifs et dans les mêmes proportions; nous avons observé les résultats analogues à ceux ci-dessus.

Il résulte de ces expériences que l'oxalate n'est nullement attaqué par le suc gastrique, mais que la digestion de l'albumine coagulée paraît être légèrement entravée par la présence de ce sel dans le milieu digestif, au moins lorsque ce milieu est d'une faible activité, car l'expérience suivante nous démontre qu'en milieu très actif, l'acide oxalique et les oxalates n'ont aucune influence sur la digestion du blanc d'œuf.

Nous avons, en effet, repris les expériences ci-dessus en soumettant

---

(1) Présentée dans la séance du 13 mai 1912.

(2) Déduction faite de l'acide oxalique préformé apporté par la pepsine.

l'acide oxalique et l'oxalate de sodium à l'action d'une pepsine excessivement active (pepsine Fairchild, titre = 3000) et nous avons obtenu les mêmes résultats négatifs après 72 heures de digestion.

II. Lorsqu'on soumet l'oxalate de soude à l'action de l'extrait de pancréas (pancréatine Fairchild en milieu légèrement alcalin par $Na^2CO^3 = 1$ pour 100, condition optimum de son activité), on retrouve cet oxalate intégralement après 3 jours de digestion.

Ces expériences montrent que les principaux sucs du tube digestif sont incapables de détruire *in vitro* l'acide oxalique et les oxalates. Nous savons d'autre part, et nous avons contribué à le démontrer [1], qu'une partie de l'acide oxalique ingéré passe dans la circulation et se retrouve dans les urines. Nous nous sommes dès lors demandé si tout l'acide absorbé traverse l'organisme et les différentes glandes digestives [2] sans subir de modifications, ou si une partie de ce corps est dissociée pendant son séjour dans le sang et les glandes.

Pour résoudre cette question, nous avons entrepris les expériences suivantes :

Après avoir soumis un chien de $16^{kg},800$ à un régime uniforme durant quelques jours, nous avons dosé l'acide oxalique de ses urines; trouvé $0^g,166$ pour 5 jours ou une moyenne de $0^g,033$ *pro die*.

Nous injectons le 8 mars 25^{cm^3} d'une solution légèrement alcaline contenant exactement $0^g,500$ de $C^2O^4H^2$ dans la veine saphène de l'animal. Celui-ci supporte très bien cette dose, nous n'observons aucun symptôme d'intolérance.

Le 9 mars, 1815^{cm^3} d'urines acides, pâles et légèrement troubles sans albumines.

Le dosage de l'acide oxalique a été fait selon notre procédé [3], nous avons eu soin de reprendre les précipités magnésiens pour contrôler si ceux-ci n'ont pas entraîné d'acide oxalique. Or, si dans aucune des analyses précédentes, le précipité magnésien ne décela trace de cet acide, il n'en fut plus de même dans les cas où l'on injecta de l'oxalate. L'analyse du sédiment séparé de l'urine révèle la présence de $0^g,025$ d'acide oxalique. Nous divisons l'urine en deux parties inégales : la première (1000^{cm^3}) décèle $0^g,032$ d'acide oxalique obtenus par la précipitation à froid de l'urine concentrée au bain-marie et séparée du précipité magnésien. Celui-ci bien lavé est redissous; l'analyse y révèle la présence de $0^g,076$ d'acide oxalique.

La seconde partie de l'urine (815^{cm^3}) est légèrement acidulée avec HCl et chauffée au bain-marie pendant 12 heures en remplaçant de temps en temps le liquide évaporé.

---

(1) ALBAHARY, *L'acide oxalique et ses origines dans l'économie*, 1903.

(2) Notre travail était très avancé lorsque la Note de M. Sarvonat parut dans les *Comptes rendus de la Société de Biologie*.

(3) *Comptes rendus*, t. 136, p. 1681.

Le lendemain nous avons procédé au dosage de l'acide oxalique selon la même méthode; nous avons obtenu $0^g,106$ d'acide oxalique, tandis que le précipité magnésien ne contenait qu'une quantité infinitésimale de cet acide.

Et ce phénomène se reproduit pour les urines des deuxième et troisième jours après l'injection d'oxalate : acide oxalique dosé dans une première portion (1000^{cm^3}) $= 0^g,085$; acide oxalique séparé du précipité magnésien $= 0^g,062$ d'acide oxalique; sédiments $= 0^g,20$ d'acide oxalique.

La seconde portion (625^{cm^3}), traitée comme précédemment pendant 12 heures au bain-marie, décèle $0^g,087$ d'acide oxalique, mais seulement des traces dans le précipité magnésien.

Les urines du quatrième jour contenaient $0^g,078$ d'acide oxalique dont $0^g,065$ entraînés pendant la précipitation magnésienne. Enfin les urines du cinquième jour ne contenaient plus que $0^g,042$ d'acide oxalique presque entièrement précipité comme sel de calcium.

Nous observons, par conséquent, une oxalurie très marquée, après l'injection intraveineuse d'oxalate, et cette débâcle oxalique a lieu pendant les trois premiers jours qui suivent l'opération. Il ressort en outre de ces expériences que l'oxalate s'élimine en totalité par la voie urinaire et qu'il ne subit aucune attaque dans l'économie, ceci nous permet de conclure que le foie en particulier ne détruit nullement l'acide oxalique (¹). D'autre part, la quantité d'acide oxalique retrouvé dans les sédiments urinaires ne correspond à aucun moment à la quantité totale de cet acide charrié par le courant sanguin et éliminé avec les urines. Ces données confirment les observations de S. Serkowski et Mozdzenski (²) qui ont établi bien avant nous l'absence de parallélisme entre les quantités de l'acide oxalique sédimentaire et de l'acide oxalique dissous dans l'urine.

Mais le fait le plus remarquable qui semble résulter de nos analyses est celui-ci, que l'acide oxalique se trouve dans l'urine sous deux formes chimiques distinctes : 1° une forme non précipitable par le sel magnésien en solution alcaline; 2° une forme précipitable par le sel de magnésium. Dans le premier cas il s'agit incontestablement de l'oxalate proprement dit, tandis que dans le second nous sommes obligés d'admettre que l'acide oxalique se trouve dans l'urine en partie sous la forme d'une association organique, qui modifie les caractères chimiques et physiologiques de cet acide, et qui est apte à se dissocier facilement sous l'action des acides minéraux, donnant naissance à une certaine quantité d'acide oxalique libre.

C'est probablement à l'action de la cellule hépatique sur les oxalates du

(¹) Sarvonat, *loc. cit.*

(²) S. Serkowski et Mozdzenski, *Hoppe-Seylers Ztschr.*, t. LXX, p. 274.

sang qu'est due cette association, qui aurait pour résultat une solubilité plus grande de l'oxalate de calcium dans le sérum sanguin et partant un retard de la précipitation de ce sel pathogène.

Les manifestations pathologiques de l'oxalémie et de l'oxalurie ne seraient dès lors qu'une conséquence d'une activité hépatique insuffisante ou même déficiente vis-à-vis de l'acide oxalique de l'économie qui, à l'encontre des autres acides organiques, ne suit pas la loi de Wöhler.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Substances indialysables urinaires éliminées au cours des états diabétiques.* Note de MM. **H. Labbé** et **G. Vitry**, présentée par M. Dastre.

Dans une Communication récente [1], nous avons établi la grandeur numérique et la nature fortement azotée des substances indialysables urinaires chez les sujets normaux. Chez les individus atteints de diabète grave ou léger, surtout les diabétiques dont l'affection s'aggrave d'un état d'acidose marqué, les substances indialysables sont éliminées dans l'urine journalière en proportion extrêmement augmentée.

Le taux de l'indialysable urinaire est, en moyenne, trois ou quatre fois plus élevé chez les diabétiques que chez les gens sains et, exceptionnellement, cette quantité peut être décuplée.

Nous donnons ci-après un Tableau résumé des recherches effectuées en ce sens, sur diverses urines de diabétiques et d'acidosiques, dont quelques-unes ont été éliminées en cours de crise de coma diabétique, la veille ou le jour même de la mort.

---

[1] Séance du 29 avril 1912.

Nos.	Azote total indialysable. Pour 1000.	24h.	Indialysable total (1). Pour 1000.	24h.	Acidité indialys. (en SO^4H^2). Pour 1000.	Acidité urin. primit. (en SO^4H^2). Pour 1000.	Azote total (urine primitive). Pour 1000.	24h.
1....	0,17	0,68	1,31	5,24	0,14	0,78	5,68	22,72
2....	0,26	0,70	2,64	7,00	0,26	1,07	8,31	22,02
4....	0,14	0,35	2,92	7,30	0,35	2,15	3,50	8,75
5....	0,20	0,68	1,31	4,45	0,19	0,34	6,46	21,96
7....	0,23	0,46	2,56	5,12	0,32	0,88	4,36	8,72
10....	0,17	0,35	2,34	4,91	0,45	0,09	4,36	9,16
11....	0,20	0,21	1,66	1,76	0,25	0,20	3,08	3,26
12....	0,24	0,25	3,28	3,48	0,42	1,56	15,73	16,77
13....	0,15	0,36	1,09	4,02	0,16	1,17	7,76	17,04
14....	0,09	0,17	2,17	4,00	0,07	1,86	9,82	18,11
15....	0,10	0,16	3,51	5,70	0,03	1,56	7,36	11,96
16....	0,12	0,30	1,18	2,95	0,20	0,39	5,44	13,60
17....	0,03	0,12	0,34	1,36	0,02	0,78	5,68	22,72
Moy.	0,16	0,36	2,02	4,40	0,22	1,05	6,73	15,13

Rapports.

Nos.	N indialys. : N primitif urin.	N indialys. : indialys. tot.	Indialys. tot. : ext. organ. urin.	Acid. indialys. : indialys. tot.	Acid. indialys. : acidité urin.
	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
1.......	2,90	15,10	5,10	10,91	18,30
2.......	3,10	9,80	8,90	9,84	24,20
4.......	4,08	4,80	16,60	12,00	16,20
5.......	3,09	15,20	6,21	14,50	55,30
7.......	5,27	7,71	5,83	1,73	39,20
10.......	3,89	7,26	11,21	12,73	»
11.......	6,49	12,04	10,00	19,23	125,00
12.......	1,52	7,31	6,60	15,06	26,92
13.......	2,10	8,80	7,40	12,83	13,60
14.......	0,95	4,15	6,40	9,47	3,50
15.......	1,41	2,90	9,21	6,27	1,41
16.......	2,17	10,00	4,90	16,18	48,90
17.......	0,60	8,80	2,70	0,62	2,56
Moy.	2,90	8,76	7,77	10,81	31,35

(1) Les substances sucrées de l'urine étant, comme nous l'avons antérieurement montré, énergiquement retenues avec les substances indialysables, il importe de remarquer que les chiffres d'indialysable ont été notés avec déduction du sucre évalué en glucose.

Si l'on compare les données analytiques de ces Tableaux à celles qu'ont fournies des urines normales, on voit que l'azote indialysable des diabétiques s'élimine dans un rapport avec l'azote total sensiblement égal à celui des sujets normaux, mais la proportion de l'azote contenu dans ces substances indialysables est plus faible. D'autre part, la quantité d'indialysable éliminée par nycthémère est beaucoup plus élevée chez les diabétiques. Cette quantité, en moyenne trois fois plus élevée que celle éliminée par des sujets normaux dans le même laps de temps, a dépassé 7^g à 8^g en valeur absolue extrême.

L'azote indialysable total est également plus élevé chez les diabétiques. Quant à la nature chimique de cet indialysable, l'examen des chiffres nous montre une différence frappante avec l'état normal. L'acidité indialysable chez les diabétiques, rapportée au litre d'urine, est près de dix fois plus élevée. Le rapport de l'acidité à la masse totale indialysable est également, chez nos diabétiques, cinq fois plus élevée en moyenne qu'à l'état normal.

Il importe de noter le fait que l'acidité indialysable qui, chez les sujets sains, n'entre dans le total de l'acidité urinaire que pour une moyenne de 5 pour 100 environ, concourt chez les diabétiques à ce même total pour plus de 31 pour 100. C'est, vraisemblablement, l'une des raisons parmi celles qui rendent si malaisée la réduction de l'acidité urinaire chez certains diabétiques acidosiques.

En conclusions, les urines des diabétiques graves ou légers, des acidosiques, des sujets morts par coma diabétique, que nous avons étudiées, contiennent, en proportion plus élevée qu'à l'état normal, des substances indialysables, de caractère acide exalté. Nous reviendrons ultérieurement sur la nature azotée de ces substances, leurs caractères chimiques généraux, ainsi que leurs propriétés toxiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une action synthétisante de l'émulsine.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel**, présentée par M. Jungfleisch.

On a remarqué depuis longtemps que les réactions déterminées par les ferments solubles s'arrêtent, lorsque leurs produits restent en solution, avant que la totalité de la substance soumise à l'action de ces agents soit décomposée.

On a comparé ces réactions à l'éthérification des alcools par les acides, où la combinaison est limitée par la réaction inverse, c'est-à-dire par la

saponification de l'éther sous l'influence de l'eau formée. Dans ce dernier cas, la réaction est dite *réversible*.

Si les réactions produites par un ferment soluble sont aussi réversibles, on doit pouvoir, par exemple, reproduire la salicine en traitant par l'émulsine un mélange de glucose et de saligénine. C'est ce qu'a essayé A.-W. Visser (1) qui pense avoir démontré que le dédoublement de la salicine par l'émulsine est presque sûrement (fast sicher) réversible. Il a séparé un produit amorphe, se colorant en rouge par l'acide sulfurique, qu'il estime être de la salicine.

Visser a opéré, en solution aqueuse, dans des conditions telles qu'il ne pouvait se faire plus de $0^g,08$ de salicine pour 100^{cm^3}, représentant $\frac{1}{25}$ environ du glucose et de la saligénine soumis à l'influence du ferment; et la faiblesse de ce rendement a dû être un obstacle à l'extraction du glucoside formé.

Dans nos recherches récentes (2), où l'on a fait agir l'émulsine en solution alcoolique, la limite de l'action hydrolysante du ferment a été atteinte pour des quantités de salicine hydrolysée beaucoup plus faibles qu'en solution aqueuse. Ainsi, dans l'alcool à 85^c, l'action s'est arrêtée alors qu'il restait, si l'on s'en rapporte uniquement à la rotation observée, $\frac{54,7}{100}$ de salicine non attaquée. De sorte que, si la réaction était réversible, on pourrait, dans cet alcool, à l'aide de l'émulsine, déterminer la combinaison de 54 à 55 pour 100 des composants de la salicine.

Sans doute, il était à craindre que la présence de l'alcool ne modifiât la réaction, mais, de toutes façons, l'expérience méritait d'être tentée, d'autant plus que nous avons constaté que l'émulsine restée en contact avec l'alcool pendant plusieurs mois, avait conservé ses propriétés hydrolysantes, ce qui permettait de supposer que l'alcool ne nuirait pas à ses propriétés inverses, si elle les possédait.

L'expérience a été calquée sur celles que nous venons de rappeler. Dans 200^{cm^3} d'alcool à 85^c, on a fait dissoudre $1^g,25$ de glucose anhydre et $0^g,875$ de saligénine ($= 2^g$ de salicine); on a ajouté $0^g,40$ d'émulsine et abandonné à la température du laboratoire (17° à 20°).

La rotation primitive du mélange ($l = 2$) était de $+ 37'$. Dans l'hypothèse de la réversibilité, elle devait passer à gauche et s'arrêter vers $- 14'$ à $- 16'$, correspondant à la formation de $1^g,10$ de salicine (environ 55 pour 100). Voici les rotations observées jusqu'à l'arrêt.

(1) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. LII, 1905, p. 258.

(2) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 944.

Durée	1 jour.	4 jours.	8 jours.	14 jours.	24 jours.
Rotation	+32′	+18′	+4′	−10′	−14′

Ainsi, les changements optiques survenus dans la solution et, en particulier, sa rotation finale concordaient avec l'hypothèse de la réversibilité, et il semblait qu'on fût autorisé à conclure à la formation de la salicine. Restait à s'assurer, en l'isolant, que ce glucoside avait réellement pris naissance dans la réaction.

L'opération pouvant présenter quelques difficultés, on l'a d'abord effectuée, à titre d'essai, sur une solution ayant la composition supposée de celle qui avait subi l'action de l'émulsine, c'est-à-dire sur 200$^{cm^3}$ d'alcool à 85^c, renfermant 1^g,10 de salicine, 0^g,393 de saligénine et 0^g,562 de glucose.

On a distillé pour éliminer l'alcool, on a dissous dans 50$^{cm^3}$ d'eau, puis agité la solution avec de l'éther jusqu'à enlèvement de toute la saligénine. On a ensuite évaporé sous pression réduite et à siccité la solution aqueuse et traité le résidu à l'ébullition par 75$^{cm^3}$ d'éther acétique addditionnés de 2$^{cm^3}$ d'eau. Par refroidissement et repos une grande partie de la salicine s'est déposée sous forme de fines aiguilles.

Une fois en possession du procédé, nous l'avons appliqué au liquide traité par l'émulsine. Mais l'éther acétique n'a point extrait de salicine ; il a extrait un autre produit, qui s'est séparé sous la forme d'un sirop incolore. On a redissous, à froid, ce sirop dans l'alcool à 96^c et l'on a abandonné la solution dans le vide sulfurique jusqu'à dessiccation complète.

Le produit ainsi obtenu était dur, transparent, sans trace de cristallisation, très soluble dans l'eau; lévogyre, avec un pouvoir rotatoire égal à $-30°,02$ ($p = 0,3192$; $v = 25$; $l = 2$; $a = -46'$).

Traité par la liqueur de Fehling, il n'a donné que des traces d'oxydule de cuivre. Soumis à l'action de l'émulsine, il a été hydrolysé rapidement; la solution est devenue dextrogyre et fortement réductrice, mais il ne s'est pas formé de saligénine. Ce produit n'est donc ni de la salicine ni un autre dérivé de la saligénine.

Peut-être est-ce l'éthylglucoside-β de Kœnigs et Knorr (1) qui lui, non plus, n'a pas été obtenu cristallisé, qui est lévogyre au même degré ($\alpha_D = -30°,5$) et qui est hydrolysé par l'émulsine. Mais il faut d'autres recherches pour en décider.

Ce qui est à retenir des expériences que nous venons d'exposer, c'est que l'émulsine est susceptible d'exercer, en milieu alcoolique et dans d'autres milieux, comme nous nous en sommes déjà assurés, une action

(1) *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. XXXIV, 1901, p. 957.

synthétisante d'une puissance qu'on n'avait pas soupçonnée jusqu'ici, puisque, calculée d'après le pouvoir rotatoire du produit obtenu, cette action a atteint plus de $\frac{75}{100}$ du glucose mis en œuvre.

ZOOLOGIE. — *Les corps adipolymphoïdes des Batraciens.* Note de M. **Pierre Kennel**, présentée par M. Bouvier.

Dans deux Notes présentées à l'Académie (*Comptes rendus* des 15 mai et 28 août 1911) nous avons résumé les résultats de nos études sur les corps adipolymphoïdes des Batraciens et étudié leur constitution histologique et leur double fonction physiologique. Nous avons poursuivi nos recherches à ce sujet et nous avons pu, grâce à l'amabilité de M. le professeur Roule, examiner quelques Batraciens exotiques et en particulier un Gymnophione, l'*Ichthyophis glutinosus* L.

I. Au point de vue morphologique, *il faut distinguer deux types principaux :* le *type Anoure* et le *type Urodèle, Gymnophione.*

Chez les *Anoures*, les corps adipolymphoïdes sont digités ; le nombre des digitations est essentiellement variable ; leur forme peut varier aussi, c'est ainsi que, dans le genre *Callula*, la base de l'organe est elle-même déjà divisée en 3 lobes qui, après 2^{cm} ou 3^{cm}, se subdivisent à leur tour, tandis que dans le genre *Discophus* les digitations sont à peine marquées et, au contraire, sont très profondes dans le genre *Xenopus.*

Chez les *Urodèles*, ces organes affectent la forme d'une bande de longueur et d'épaisseur variables, située de chaque côté des ovaires et des testicules et en dedans de ceux-ci. D'après le genre et, semble-t-il, suivant la taille de l'individu, cette bande est simple ou divisée en plusieurs parties reliées entre elles par des tractus conjonctifs.

Chez les *Gymnophiones*, la bande adipeuse s'étend depuis l'extrémité postérieure de l'animal jusqu'au tiers antérieur, et elle est subdivisée en plusieurs lobes (15-20). Le testicule moniliforme ne couvre que le tiers de la longueur de l'animal.

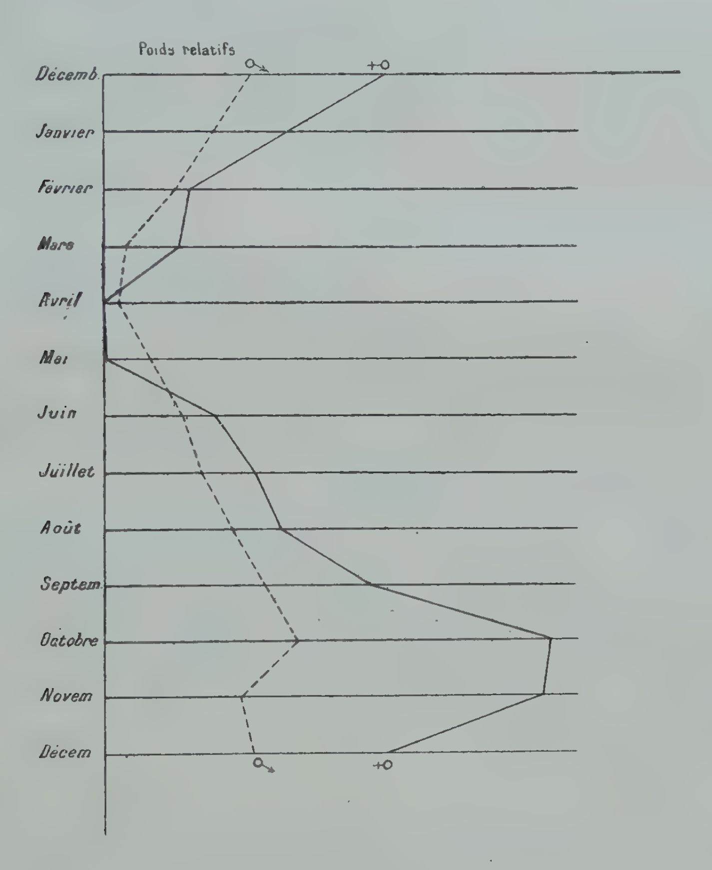
Il semble donc qu'il y ait comme un déplacement des corps adipolymphoïdes par rapport aux organes génitaux, ceux-ci étant en avant de ceux-là chez les Gymnophiones, à la même hauteur chez les Urodèles et en arrière chez les Anoures.

Le rapport $R = \frac{P}{p}$ du poids total de l'animal au poids des corps lymphoïdes est sensiblement invariable dans les genres par nous examinés ; il en est de même de la teneur en graisse.

II. Au point de vue histologique, nous devons mentionner la décou-

verte de *vaisseaux lymphatiques* bien nets, renfermant de nombreux éléments. Il n'y a pas de différences histologiques remarquables d'un genre à l'autre ; les éléments sont plus ou moins abondants, les mailles du tissu conjonctif plus ou moins larges ; le calibre des vaisseaux peut varier légèrement, mais la disposition des cellules et leur connexion sont les mêmes.

III. Nous avons continué les pesées de grenouilles aux différentes époques, et nous pouvons donner de mois en mois la courbe des variations des poids des organes étudiés ramenés à l'unité de masse du corps.



On voit que le développement saisonnier des corps adipolymphoïdes passe par un minimum en avril, c'est-à-dire au moment de l'ovulation; et que, pendant la belle saison, les réserves s'accumulent jusqu'à un maximum qui a lieu en octobre pour décroître ensuite rapidement pendant l'hibernation et la période d'élaboration des produits sexuels. Il faut remarquer que les points extrêmes d'une telle courbe peuvent se déplacer d'une

année à l'autre, et que leur position est fonction surtout des conditions climatériques ; mais l'allure générale est à peu près constante.

IV. Nous avons extirpé en novembre les corps adipolymphoïdes à un certain nombre de grenouilles. Les animaux opérés ont été placés dans un aquarium dès que les plaies ont été refermées. La proportion des survivants a été de moitié environ, elle aurait été probablement plus grande si les animaux avaient été rejetés dans une mare. Ces jours derniers, nous avons procédé à l'examen de nos sujets, et nous avons constaté que l'opération : 1° n'avait en rien affecté les fonctions essentielles, puisque les animaux ont survécu ; 2° que les produits sexuels, les œufs en particulier, se sont normalement développés ; 3° que les animaux opérés se sont accouplés. L'étude de la courbe ci-dessus et des résultats opératoires indiquent nettement *que, malgré leur situation au contact des organes génitaux, les corps adipolymphoïdes ont une fonction de réserve somatique.* Les produits génitaux s'élaborent aux dépens de réserves localisées.

Nous avons constaté, chez un individu, *la régénération*, dans le péritoine, entre l'estomac et le duodenum, *de plusieurs petits corps adipolymphoïdes ;* l'un affectait la forme d'une feuille de trèfle et mesurait 5^{mm} dans sa plus grande dimension, deux autres se présentaient comme de petites sphères de 2^{mm} de diamètre. Des vaisseaux péritonéaux les irriguaient abondamment. Cette nouvelle formation s'accomplit évidemment en vue de l'accomplissement de la fonction lymphopoïétique.

Il y a lieu de faire encore une remarque au sujet du petit volume des corps adipolymphoïdes, chez les grenouilles examinées en novembre, et d'incriminer la sécheresse persistante qui a sévi sur nos contrées pendant l'été, les Batraciens furent dans de très mauvaises conditions pour la constitution de leurs réserves, et il se pourrait que cette année le nombre des têtards soit réduit.

ZOOLOGIE. — *Contribution à la faune des terriers de Mammifères.* Note de M. L. Falcoz, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'étude de la faunule commensale des terriers est de date relativement récente. Dans le cours de ces dernières années, de nombreux chercheurs ont inventorié en Europe les constructions souterraines des divers Mammifères fouisseurs, particulièrement celles du Spermophile, de la Taupe et du

Hamster. En France, des investigations analogues ont été entreprises depuis quelque temps, ayant porté principalement sur les terriers de Taupe.

Les excavations creusées par les Mammifères et leur servant de gîte ont été rangées par Racovitza (¹) dans les microcavernes. Ce milieu, par son obscurité, sa température à faibles oscillations, son humidité relativement constante, se rapproche en effet du domaine cavernicole, et l'on conçoit qu'il ait pu, comme lui, altérer par des avantages semblables certaines espèces à tendances lucifuges.

En raison de cette analogie, et en s'inspirant de la classification donnée en 1854 par Schiner (²) pour les animaux peuplant normalement ou occasionnellement les cavernes, on peut répartir les Arthropodes des terriers dans les trois catégories suivantes basées sur leurs caractères éthologiques :

1° Les *Pholéobies* (φωλεός, terrier) qui vivent et se développent exclusivement dans les terriers;

2° Les *Pholéophiles* qu'on observe fréquemment dans ce milieu, mais qui peuvent aussi se rencontrer dans d'autres habitats;

3° Les *Pholéoxènes* dont la présence dans les terriers est purement accidentelle.

Cette classification n'a rien d'absolu; mais elle nous permet d'indiquer les différentes étapes dans l'adaptation des formes recueillies dans les gîtes souterrains de Mammifères.

Ce milieu fournit aux espèces des deux premières catégories des conditions d'existence bien spéciales, où les facteurs physiques doivent être considérés comme secondaires, tandis que la présence de l'hôte du terrier joue un rôle prépondérant. Nous avons maintes fois constaté, en effet, que des gîtes abandonnés depuis un certain temps ne renfermaient que des espèces pholéoxènes. D'ailleurs, les Pholéobies et les Pholéophiles, possédant des mœurs carnassières, coprophages ou saprophages, trouvent auprès du Mammifère qui les héberge des conditions d'existence particulièrement favorables, surtout au point de vue des ressources alimentaires. Certains même, tels que les Staphylinides et les Histérides, se nourrissant principalement, ainsi que nous l'avons observé, de larves de Puces et de nymphes

(¹) E.-G. Racovitza, *Essai sur les problèmes spéléologiques* (*Archives de Zoologie expérimentale et générale*, t. VI, 1907, n° 7).

(²) J.-R. Schiner, *Fauna der Adelsberger-Lueger und Magdalenen-Grotte*. In : A. Schmidl, *Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Loos*, Wien, 1854.

d'Acariens, peuvent être regardés comme des commensaux mutualistes en raison des services qu'ils rendent à leur hôte en empêchant le pullullement de ses parasites.

Si l'on compare la faune entomologique des terriers avec celle des cavernes, on constate qu'il existe de part et d'autre des espèces souvent voisines, parfois même communes (1). Nous pouvons citer notamment *Œcothea fenestralis* Fall., Diptère à yeux réduits, signalé des grottes de l'Indiana, en Amérique du Nord et dont nous avons observé récemment les habitudes pholéophiles. Il est à remarquer que les espèces pholéobies ne présentent pas d'ordinaire les modifications adaptives caractéristiques des véritables cavernicoles. Cependant, nous observons une réduction assez notable des organes visuels chez certains *Quedius* particuliers aux terriers : *Q. longicornis* Kr., *vexans* Epp. et *talparum* Dev., par exemple. De même, il est intéressant de signaler que deux formes pholéobies du genre *Aleochara*, *A. cuniculorum* Kr. et *spadicea* Er., se distinguent de leurs congénères lucicoles par une élongation et une gracilité remarquables des pattes et des antennes, caractères qu'il est permis de regarder comme adaptatifs.

Ces exemples montrent qu'on pourrait considérer la faune des terriers, en ce qui concerne les espèces adaptées à ce milieu, comme un stade intermédiaire établissant le passage à la faune cavernicole.

Nos recherches dans les environs de Vienne en Dauphiné, pratiquées au cours de l'hiver 1911-1912, ont porté principalement sur les terriers de Blaireau et de Taupe. Ces derniers nous ont fourni environ 80 nids contenant au total plusieurs milliers d'Arthropodes adultes ainsi que de nombreuses larves dont nous avons pu élever une partie à domicile. Nous avons constaté que, étant exceptés les parasites de l'hôte du terrier, les véritables Pholéobies semblent appartenir exclusivement aux Coléoptères et aux Diptères. Les Myriapodes, Arachnides et Thysanoures, très nombreux en hiver dans le nid de la Taupe, sont des hôtes occasionnels, sauf peut-être *Lephthyphantes alutacius* E. Sim., *Chelifer phaleratus* E. Sim. et *Japyx solifugus* Halid., espèces lucifuges dont nous avons constaté trop régulièrement la présence pour qu'elle soit purement accidentelle.

---

(1) La faune des terriers présente, d'autre part, avec la faune xénophile des termitières, fourmilières et autres cavités habitées par les Hyménoptères sociaux, d'évidentes analogies qui ont été signalées par J. Sainte-Claire Deville (*Faune des Coléoptères du bassin de la Seine : Staphylinoidea*, Paris, 1907, p. 149, en cours de publication), et par J. Roubal (*O broucích ve hnízdech ssavců a ptáků* : *De scarabæis in mammalium et avium nidis*, Prague, 1907, separat.).

La liste suivante énumère les principales espèces que nous avons recueillies. Nous y avons joint, sous forme de Tableau, quelques renseignements et observations se rapportant à chacune (¹), le signe + est affirmatif, le signe — négatif :

Espèces	Hôte.	Durée de fréquence dans la région viennoise.	Obtenu d'éclosion.
COLÉOPTÈRES.			
Staphylinidæ.			
Philonthus spermophili Ggbl....	Taupe.	Rare.	—
Quedius talparum Dev.........	»	»	—
Heterops prævia Er...........	Blaireau, Mulot.	Commun.	...
Heterops prævia subsp. nigra Kr.	Taupe.	Très commun.	+
Atheta nigricornis Thoms......	Blaireau.	Peu commun.	...
Oxypoda longipes Rey.........	Taupe.	Commun.	+
Aleochara spadicea Er.........	»	»	+
Histeridæ.			
Hister marginatus Er..........	»	Rare.	—
Silphidæ.			
Catops nigrita Er.............	»	Commun.	+
DIPTÈRES.			
Lycoriidæ.			
Lycoria nervosa Meig.........	»	Très commun.	+
Phoridæ.			
Phora caliginosa Meig........	»	Peu commun.	+
Heleomyzidæ.			
Œcothea fenestralis Fall.......	Blaireau, Taupe.	Commun chez le Blaireau. Plus rare chez la Taupe.	+

Les faits signalés dans cette Note montrent l'intérêt tout particulier que présente l'étude de la faune des terriers par la contribution apportée à l'éthologie de certaines espèces et par les renseignements qu'elle peut fournir sur l'origine de la faune cavernicole.

(¹) Notre matériel a été très obligeamment revu par MM. Bezzi, Brölemann, J. Sainte-Claire Deville et Eugène Simon.

ZOOLOGIE. — *L'évolution de* Rhytidocystis Henneguyi *n. sp., Grégarine agame parasite des Ophélies.* Note de M. **Paul de Beauchamp**, présentée par M. Y. Delage.

En 1907, M. le professeur Henneguy (*C. R. Ass. française Avanc. des Sc.*, t. XXXVI, 1, p. 247; 2, 633) a fait connaître sous le nom de *Rhytidocystis Opheliæ* une Grégarine à spore renfermant seulement deux sporozoïtes, parasite dans le cœlome de l'Annélide Polychète *Ophelia bicornis* Savigny au Croisic. J'ai rencontré à Roscoff, dans l'*Ophelia neglecta* Schneider, une forme extrêmement voisine (comme le sont les deux hôtes d'ailleurs) de la précédente; son abondance m'a permis d'en établir à peu près complètement l'évolution, ce qui offrait un certain intérêt, car dans les deux espèces l'enkystement est *toujours solitaire*, ce qui exclut la possibilité de la fécondation, précédant la formation du sporoblaste, qu'on admet aujourd'hui être un phénomène tout à fait général chez les Grégarines. J'en donnerai ici une description préliminaire.

Au début du cycle évolutif se placent des individus intra-intestinaux plus ou moins piriformes qui paraissent accrochés aux cils de l'épithélium et susceptibles d'atteindre sur place une certaine dimension. Mais le plus souvent ils pénètrent entre ses cellules à un stade très précoce et s'accroissent là en refoulant celles-ci qui s'aplatissent et leur constituent une véritable écorce. Leur développement, surtout quand l'infection est massive, produit des réactions de défense très curieuses ayant pour résultat l'envahissement, par le tissu conjonctif, des cavités qu'ils ont creusées dans l'épithélium. Puis ils écartent les fibres des deux couches musculaires qui entourent le manchon endodermique, traversent le sinus sanguin habituellement virtuel qui les sépare et parviennent ainsi dans le tissu chloragogène, d'origine péritonéale, qui revêt le tube digestif; c'est principalement dans celui qui remplit tout le repli du typhlosolis qu'ils se localisent, grandissent et achèvent leur évolution jusqu'à la maturité des spores; il en est le plus souvent bourré sur toute la longueur de l'intestin. Les formes en liberté dans le cœlome manquent chez les individus peu infectés et n'y parviennent guère qu'à la fin de leur évolution : c'est une différence avec *Rh. Opheliæ* qui fait presque toute la sienne dans la cavité générale. Une autre plus importante est que la Grégarine au terme de sa croissance, régulièrement elliptique à moins de compression, a sa périphérie absolument lisse et non sillonnée par des crêtes régulières comme chez *Rh. Opheliæ*. Chacune est entourée d'un kyste très mince sécrété par elle et logée dans une alvéole spéciale du chloragogène; je ne suis pas sûr d'avoir observé un cas incontestable d'enkystement à deux.

Dans les formes jeunes, le noyau présente un nucléole et de petits grains ou filaments chromatiques dans le suc nucléaire. A la fin de la croissance, on trouve le gros nucléole, coloré en rouge par la méthode de Mann, mais renfermant en général des

inclusions bleues, et à son contact une petite masse bleue; le reste du suc nucléaire est coloré uniformément. Alors se produisent une série de phénomènes qui indiquent le début de la sporulation : la Grégarine se contracte à l'intérieur du kyste, comme un œuf après fécondation, bien qu'il soit impossible de reconnaître un phénomène de ce genre, le noyau se place à la périphérie et le nucléole de plastine se fragmente en une série de petites boules inégales; aux dépens de la chromatine proprement dite se constitue le noyau germinal qui commence à se diviser. On voit ensuite l'ancien noyau s'étaler en une calotte colorable qui se résorbe peu à peu, tandis que les petits noyaux prenant uniquement le bleu se placent à la périphérie et s'y multiplient par un processus presque direct. On distingue, lors de l'étirement, cinq ou six filaments chromatiques irréguliers à chaque bout, mais il est impossible de déceler des fuseaux, des centrioles ni même des plaques équatoriales régulières.

La périphérie de la Grégarine, qui s'est alors excavée en calotte et, fréquemment, lobée, se trouve finalement couverte de très petits noyaux égaux et contigus; une zone plus claire apparaît entre eux et le protoplasma central, puis des stries radiaires dans celle-ci, et les sporoblastes se détachent sous forme de petits corpuscules ovoïdes portant à un bout le noyau, toujours colorable en bleu par le Mann, à l'autre bout, un point érythrophile d'origine protoplasmique. Le résidu central non nucléé de la Grégarine se fragmente et disparaît. Alors le sporoblaste s'entoure d'une membrane, tandis que se produit une division obliquement dirigée du noyau, analogue à celles décrites plus haut, qui est suivie de la division du protoplasma. On arrive ainsi à la spore à deux sporozoïtes placés tête bêche bien décrite par Henneguy, qui finit par être mise en liberté dans le cœlome par rupture du kyste et parvient au dehors avec les produits génitaux de l'Annélide. Il est infiniment probable qu'elle éclot directement dans le tube digestif d'une autre Ophélie, pour reproduire les formes dont nous sommes partis.

Comme on le voit, la formation apogamique des sporoblastes chez *Rhytidocystis* a lieu par un processus peu différent de celui qui produit les gamètes dont l'union leur donne naissance chez les Grégarines ordinaires; en l'absence d'une fécondation croisée rendue impossible par l'enkystement solitaire, on aurait pu s'attendre à trouver une fusion autogamique desdits sporoblastes deux par deux; mais je n'ai pu en trouver jusqu'à présent aucun indice. D'ailleurs ce processus est aussi bien comparable, sauf qu'il aboutit à une spore à enveloppe différenciée et petit nombre de sporozoïtes évidemment homologue à une spore gamogonique, à la schizogonie, telle qu'elle existe chez les *Aggregata* ou les *Porospora*.

GÉOLOGIE. — *Le Mésozoïque de la gorge de l'Araxe, près de Djoulfa.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. H. Douvillé.

A la suite d'un premier voyage en 1909, j'ai signalé dans une Note [1] les faits nouveaux que j'avais observés dans la gorge de l'Araxe près de Djoulfa. J'ai visité de nouveau, en 1911, toute la gorge et ses abords avec plus de détail, et j'ai pu découvrir une série mésozoïque faisant suite à la coupe que j'ai résumée dans la Note précitée.

En ce qui concerne cette dernière coupe, je ferai deux observations complémentaires : 1° les *Otoceras* que j'avais signalés comme paraissant compris dans un niveau spécial, supérieur aux couches à *Productus* permiens, sont indubitablement mélangés à ces Brachiopodes; 2° je signalerai la présence de formes appartenant au genre *Gastrioceras* dans les couches triasiques inférieures à Ammonoïdés.

En suivant vers l'amont les couches à *Pseudomonotis*, que j'ai assimilées aux *Hedenstrœmia-beds* [2] on les voit près du poste Darachamski surmontées en continuité et concordance par une série de calcaires marneux, atteignant environ 200^m d'épaisseur, et présentant des plaquettes couvertes de moules internes de petits Lamellibranches et Gastéropodes : ce sont ces plaquettes qui surmontent également le Trias inférieur dans le Daralagöz, et dont j'ai déjà fait remarquer l'analogie frappante avec celles du Muschelkalk de la Lorraine, de l'Allemagne méridionale et de la basse Provence. La position stratigraphique de ces calcaires sur le Werfénien supérieur permet son attribution au Trias moyen.

La série se continue par une masse puissante de calcaires noirs compacts et de dolomies caverneuses sans fossiles, atteignant jusqu'à 700^m environ. Cette masse, en continuité et concordance avec le Trias moyen, est suivie du Bajocien inférieur : il paraît plausible de la considérer comme représentant le Trias supérieur, et probablement aussi le Rhétien, en raison de sa situation stratigraphique. On peut remarquer également son analogie de faciès avec le type dolomitique du Trias supérieur alpin. Je n'ai trouvé aucun indice de l'existence du Lias.

---

(1) *Sur l'existence du Trias et du Mésojurassique aux environs de Djoulfa* (*Comptes rendus*, 14 mars 1910).

(2) *Sur l'existence du Trias et du Mésojurassique dans le massif de Kazan-Iaïla* (*Comptes rendus*, 6 mars 1911).

Ces calcaires et dolomies constituent la crête dominant l'Araxe entre le poste Darachamski et le poste Negramski, et c'est en arrière de cette crête, au Nord-Est, dans une sorte de cirque allongé, que se trouve mise à nu la suite de la coupe, disposée en bandes de même orientation Nord-Ouest-Sud-Est.

Le Mésojurassique offre le même plongement que les couches triasiques, mais il en est séparé par une masse de roche basique d'une centaine de mètres d'épaisseur moyenne, interstratifiée entre les formations de ces deux époques. Il présente la succession concordante suivante :

1. Une série de calcaires gréseux, d'une dizaine de mètres d'épaisseur, débutant par 2^m-3^m de grès grossiers et renfermant *Sonninia Sowerbyi* Mill., avec des Lamellibranches (*Pecten*, *Pholadomya*, etc., fragments d'Huîtres).

2. 20^m-30^m de marnes grises, renfermant, parmi des Ammonites généralement très écrasées, des *Phylloceras* ferrugineux.

Suit une série de calcaires gris cendré, de 15^m-20^m d'épaisseur, à faune très riche et bien conservée; j'y ai distingué :

3. Un premier niveau caractérisé par *Oppelia subradiata* Sow., renfermant en outre : *Phylloceras viator* d'Orb., *Ph. Deslongchampsi* Bras., *Ph. mediterraneum* Neum., *Ph. disputabile* Zitt., *Ph. Velaini* Mun.-Ch., *Lytoceras pygmæum* d'Orb., *Strigoceras Truellei* d'Orb., *Lissoceras* cf. *ooliticum* d'Orb., *Cadomites linguiferus* d'Orb., *Stepheoceras Humphriesianum* Sow., *Parkinsonia Parkinsoni* Sow., *P. ferruginea* Opp., *P. Schlœnbachi* Schlippe, *Perisphinctes Martiusi* d'Orb., *Morphoceras* cf. *dimorphum* d'Orb. C'est un affleurement de ce niveau que j'avais vu rapidement en 1909 et dont j'avais signalé quelques formes.

4. Un second niveau à *Oppelia fusca* Quenst., avec *Lytoceras tripartitum* Rasp., *L. adeloïdes* Kud., *Lissoceras psilodiscus* Schlœn., *Cadomites rectelobatus* Hau., *Parkinsonia neuffensis* Opp., et quelques-uns des types du niveau précédent.

5. Un troisième niveau renfermant en abondance *Oppelia aspidoïdes* Opp., avec quelques *Phylloceras*, *Parkinsonia* et *Perisphinctes* des deux niveaux précédents.

6. Des marnes grises semblables à celles du n° 2 recouvrent ces calcaires. J'y ai trouvé : *Phylloceras flabellatum* Neum., *Sphæroceras bullatum* d'Orb., *Sph. microstoma* d'Orb.; ces deux derniers indiquent peut-être la base du Callovien.

Les marnes n° 2, malgré l'absence de types caractéristiques, représentent évidemment, par leur position, le Bajocien moyen; la série bajocienne-

bathonienne est donc complète, et offre de remarquables analogies avec le Mésojurassique des Basses-Alpes.

Les marnes supérieures sont recouvertes en discordance par un conglomérat rouge de 15^m à 20^m d'épaisseur, avec plongement également Nord-Est, mais à pendage plus faible.

Puis nouvelle interruption par une masse de roche basique analogue à la précédente, mais beaucoup plus puissante (300^m à 400^m).

Vient ensuite une série crétacée présentant le même plongement que le conglomérat rouge précité qui doit en être la base. Elle débute par des couches à faciès de Gosau, de 50^m de puissance, comprenant :

1. Calcaires marneux blancs avec petites *Glauconia* et *Natica;*

2. Banc calcaire pétri de Nérinées et de Radiolites, parmi lesquels *Radiolites* cf. *Sauvagesi* Toucas [1];

3. Conglomérat (7^m à 8^m d'épaisseur);

4. Couches à faune très riche, présentant notamment : *Glauconia Giebeli* Zk., *Glauconia* nov. sp., *Turritella Fittoni* Münst., *Ampullina bulbiformis* Stol., *non* Sow., *Cytherea polymorpha* Zitt., *Cucullæa chimiensis* Gümb., *Plicatula aspera* Sow., *Nautilus* sp., associés à des Huîtres.

Étant donné l'âge coniacien de *Radiolites* cf. *Sauvagesi*, cet ensemble représente le Sénonien inférieur, peut-être avec la partie supérieure du Turonien à la base.

Les couches qui surmontent cette série en concordance sont, par contre, très pauvres en restes organiques : ce sont des calcaires clairs où je n'ai pu trouver que des débris d'Inocérames et un fragment d'*Anisoceras;* leur faciès est d'ailleurs identique à celui du Sénonien supérieur du Daralagöz.

Ce Sénonien est surmonté immédiatement en discordance angulaire par le Nummulitique moyen, débutant par un puissant conglomérat qui borde le sommet de la paroi du cirque.

M. C. **Ven. Polychronakis** adresse une Note intitulée : *Les dangers de la foudre en opposition marquée avec l'opinion de MM. Kæmtz et Arago.*

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et quart.

G. D.

---

[1] Déterminé par M. H. Douvillé.